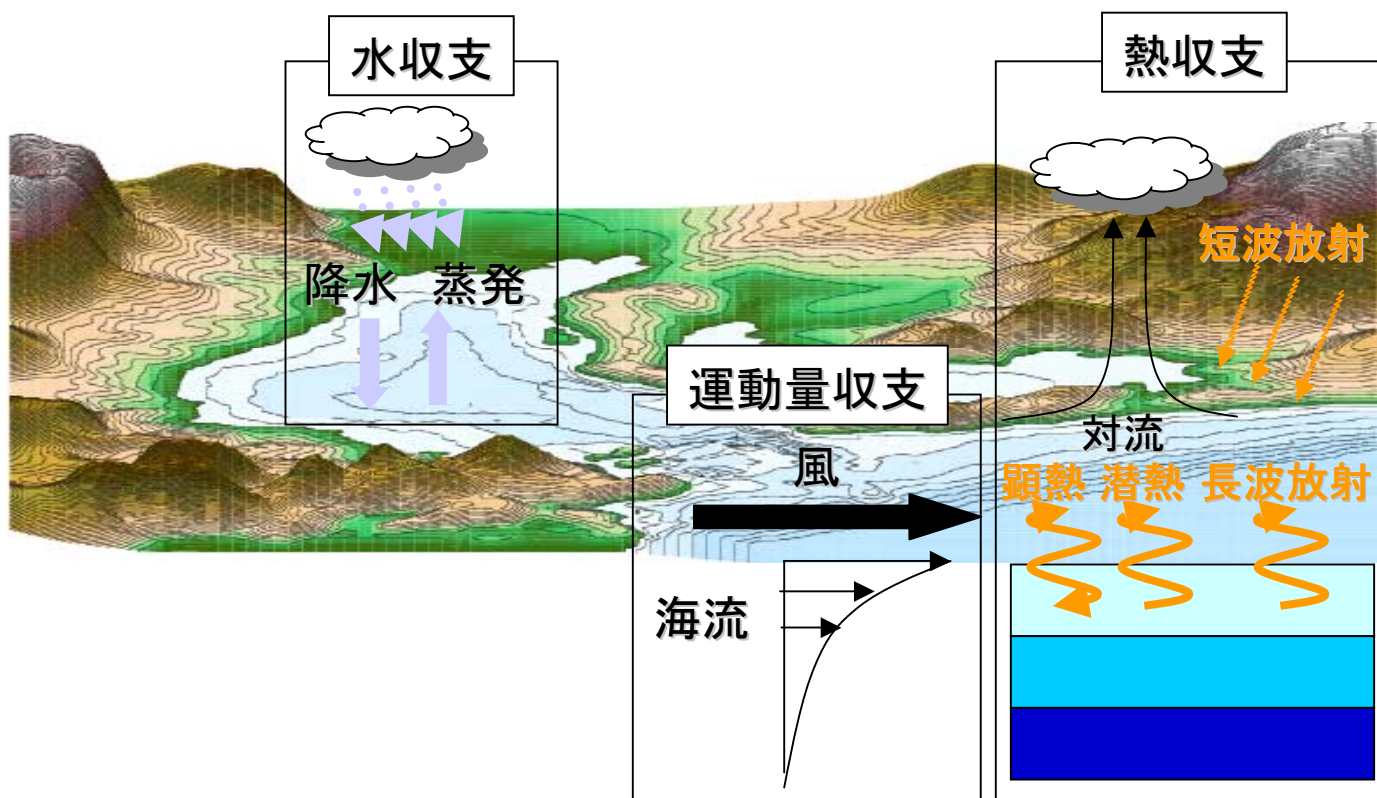


内湾流動に及ぼす大気の影響

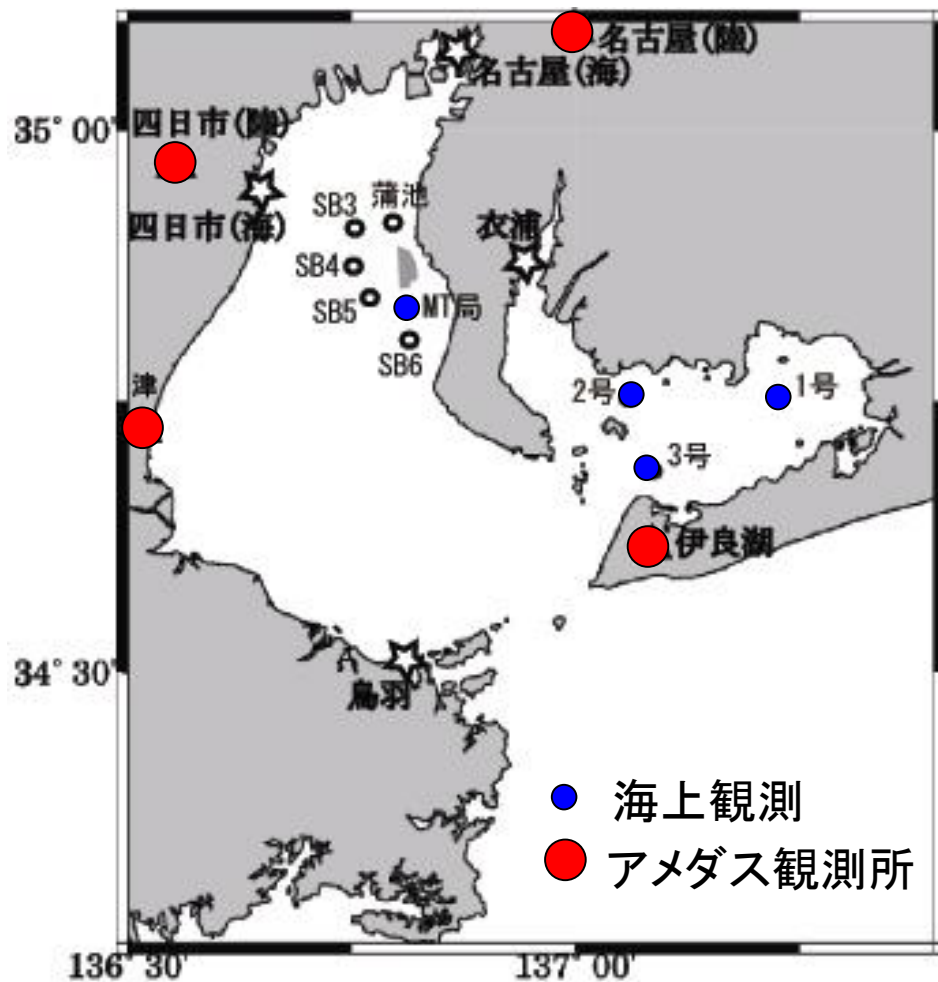
名古屋大学 村上 智一

研究背景

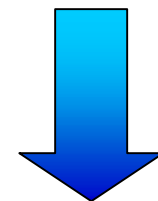
- 沿岸域の海水流動は、風による吹送流、日射による成層化、降水・蒸発などの**気象場からの影響**を強く受ける。そのため、**沿岸域の海水流動計算**を高精度で行うには、**気象場からの影響**を適切に評価することが必須となる。



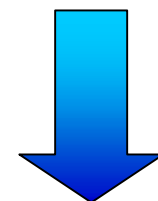
気象場からの影響を正しく評価するためには、面的気象情報(風速, 日射, 降水量, 気圧, 気温, 湿度, 雲量など)が必要となる.



伊勢湾における観測点



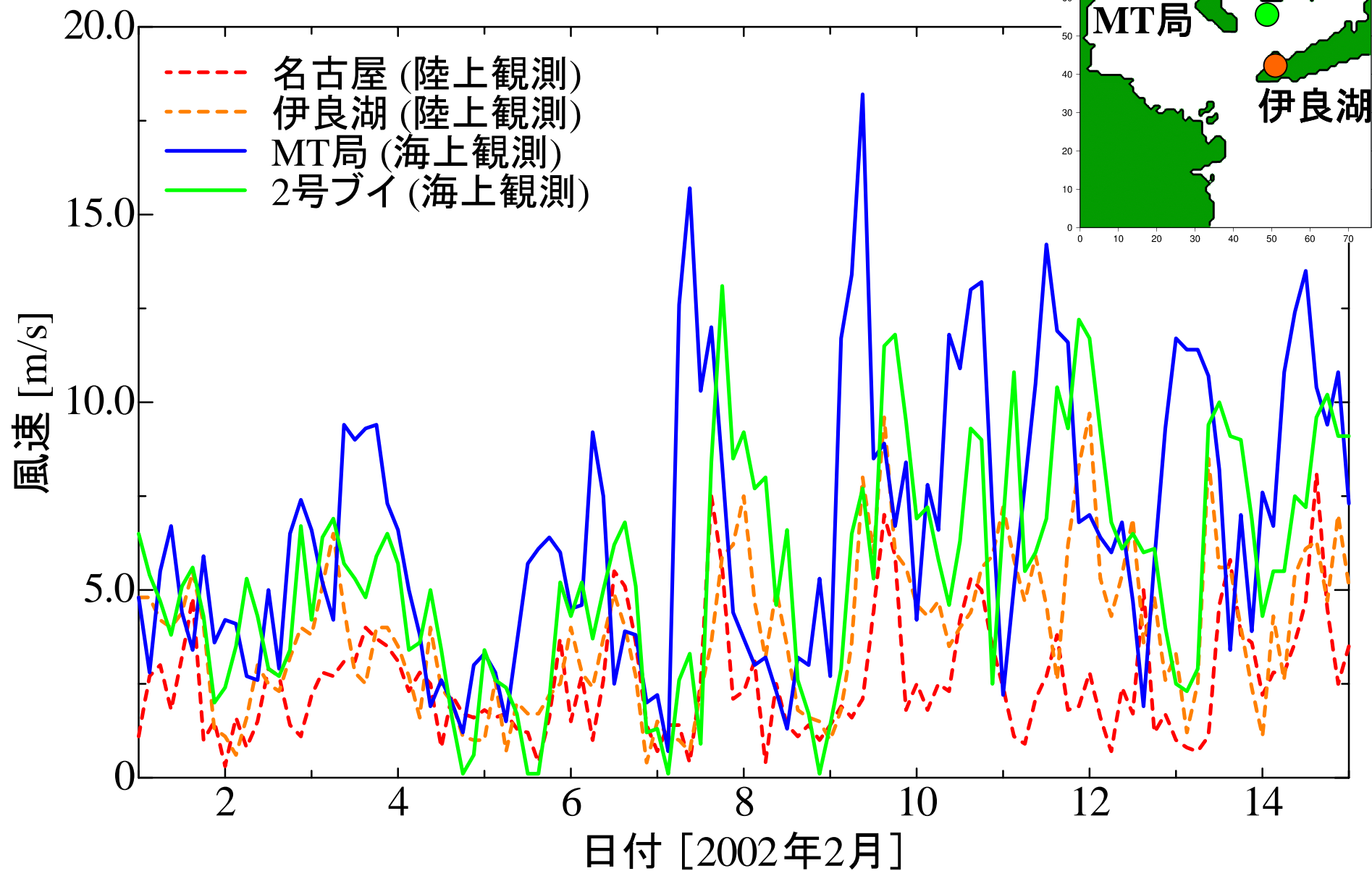
従来, 観測データが用いられてきた.



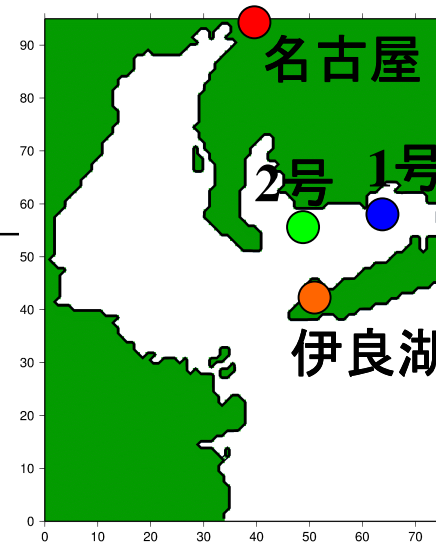
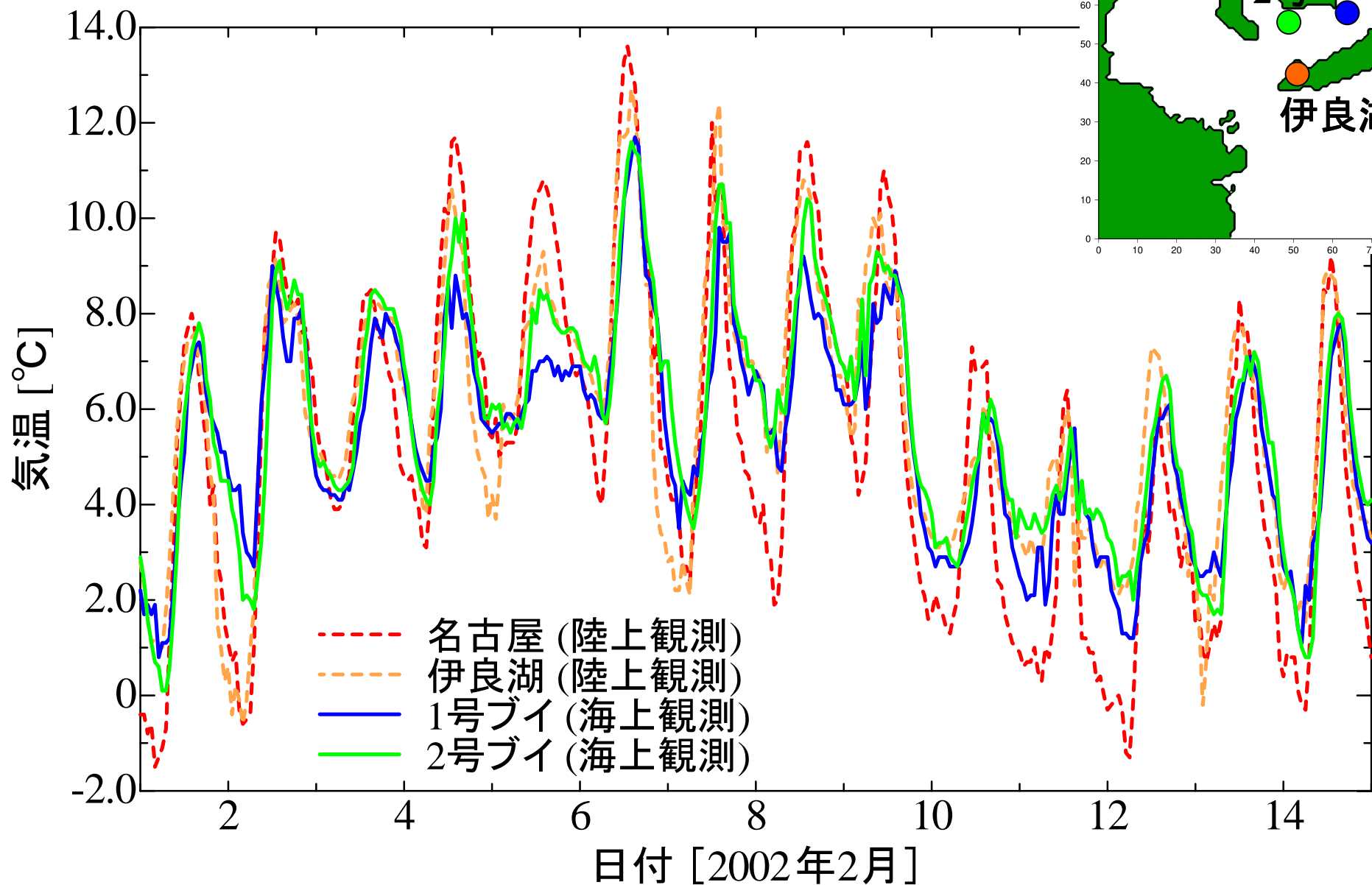
問題

観測データは, 空間・時間的に情報量が少ない.
空間・時間的な内挿・外挿が必要である.

風速の観測値(2002年2月)



気温の観測値(2002年2月)



観測データの情報量不足を解消するため、**気象モデル**が用いられるようになってきた。

気象モデル

- MM5(ペンシルベニア州立大学・米国大気研究センター)
- ARPS(オクラホマ大学)
- RAMS(コロラド州立大学)

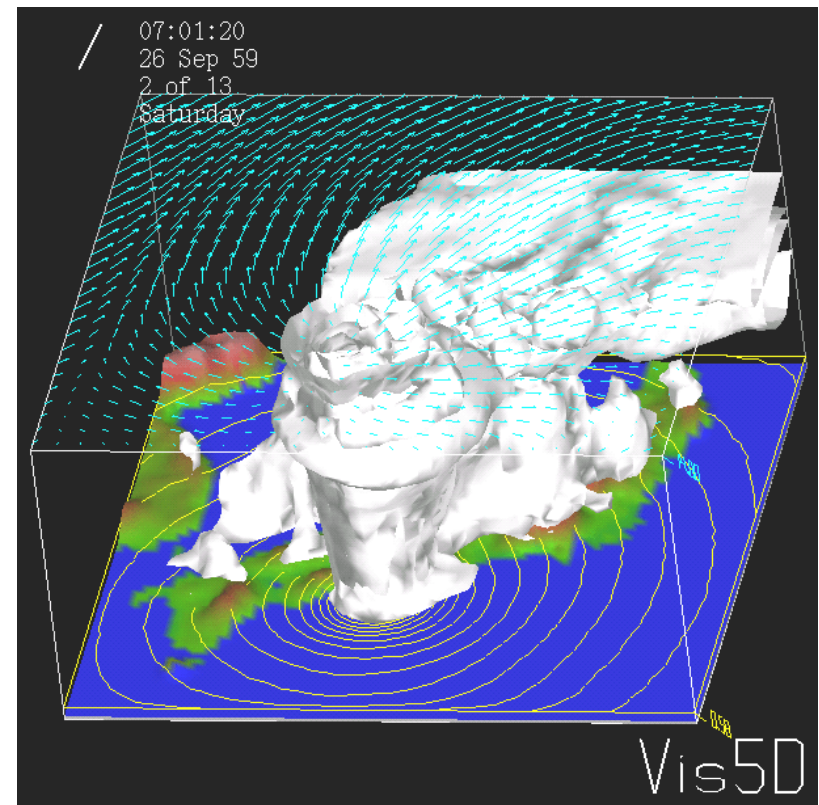
など

気象モデルMM5

MM5

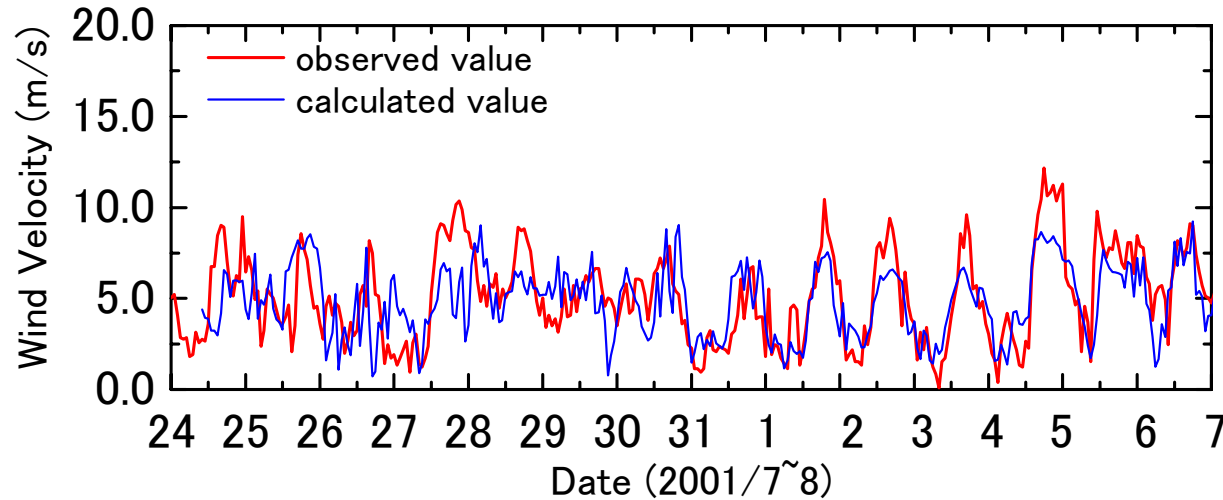
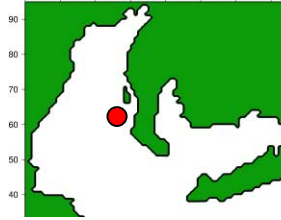
(5th generation Meso-scale Model)

- ペンシルベニア州立大学と米国大気研究センターで共同開発
- 非静力学・圧縮性モデル
- 多重ネスティング可
- 4次元データ同化可
- 入力: 広域気象データ, 標高・土地利用データ, 海面温度データ
- 複数の物理オプション選択可
- PC-Linux上で計算可

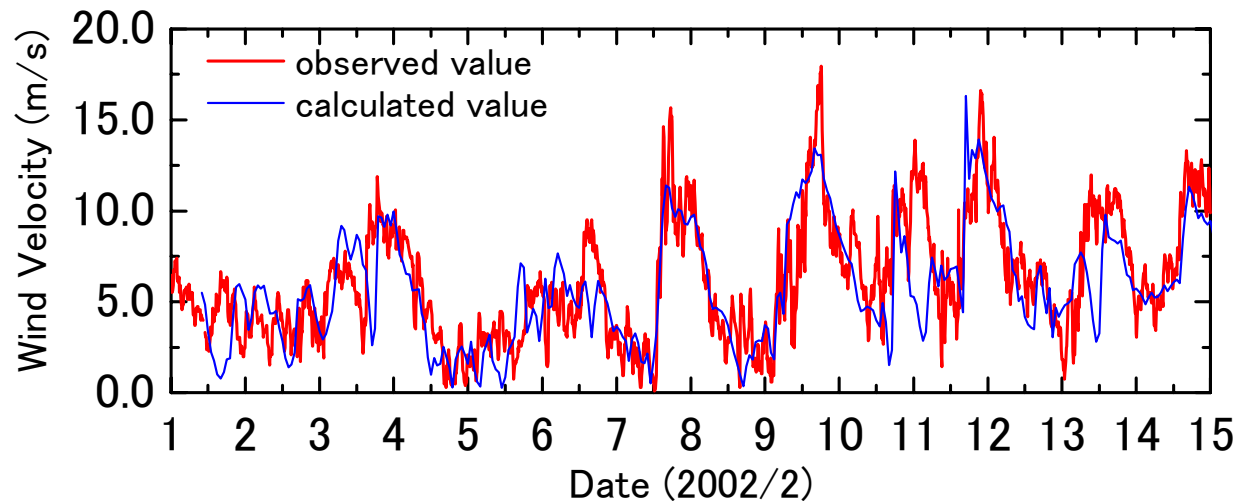
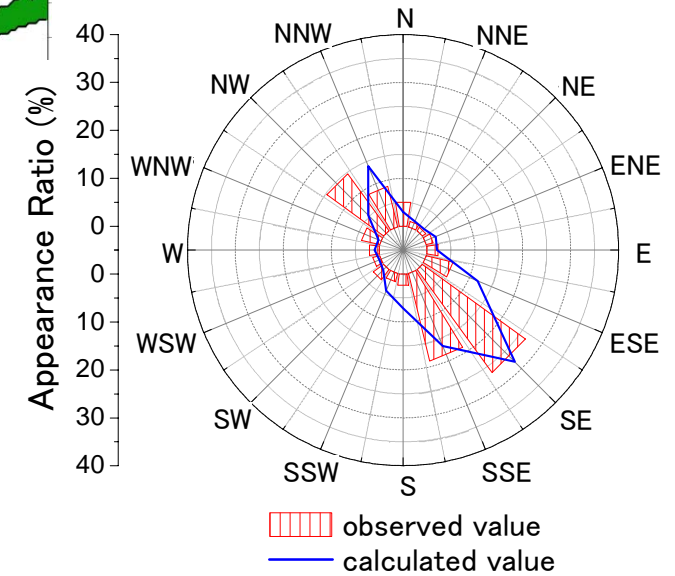


伊勢湾台風のシミュレーション

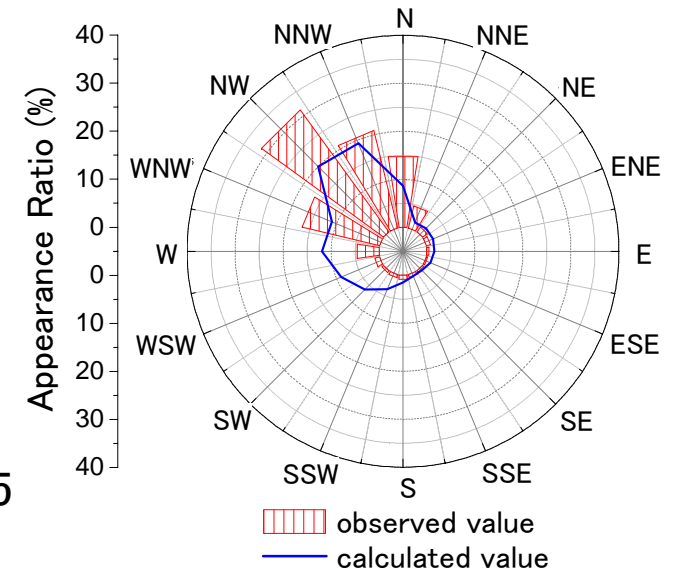
気象モデルの精度(風速)



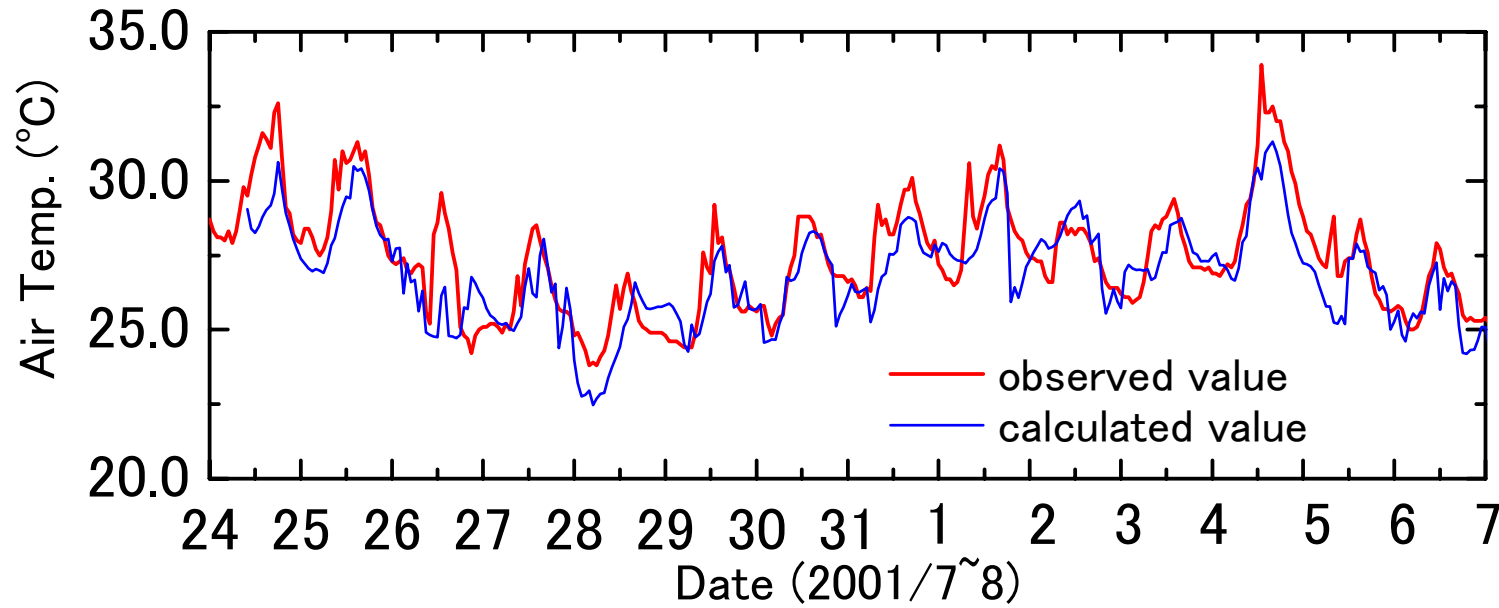
夏季(MT局 海面上10mの風速)



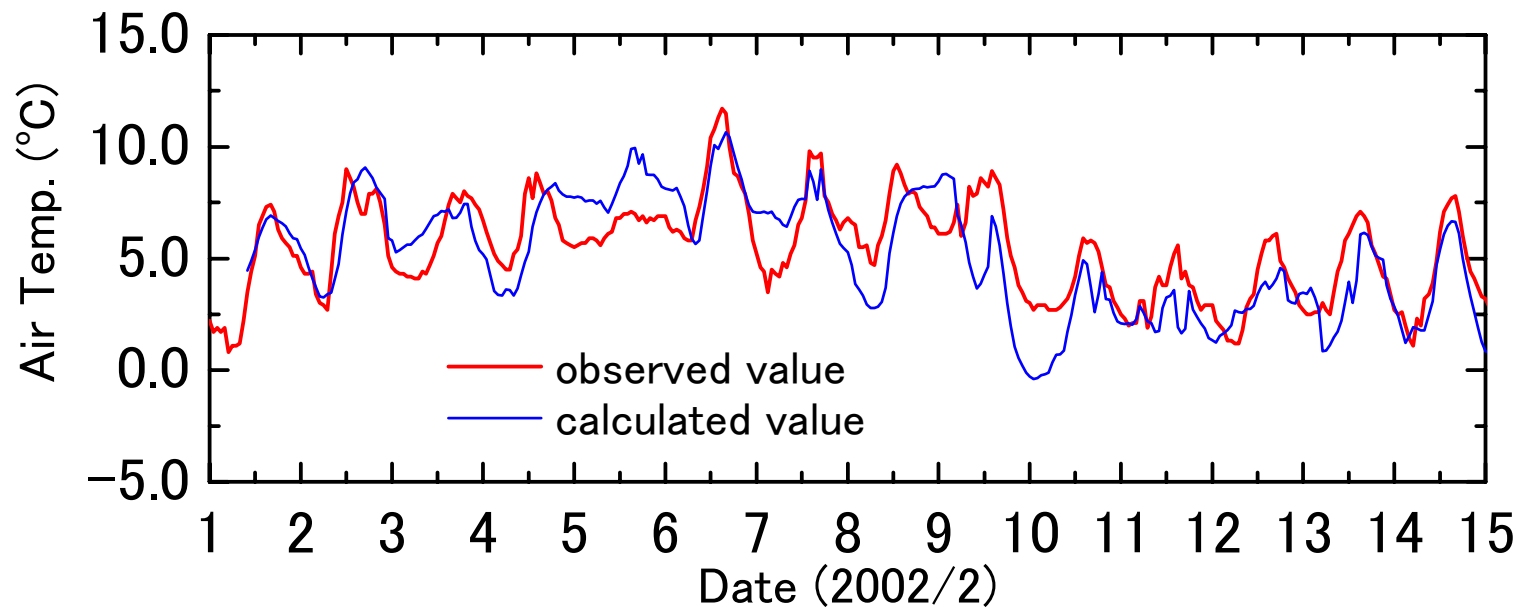
冬季(MT局 海面上10mの風速)



気象モデルの精度(気温)

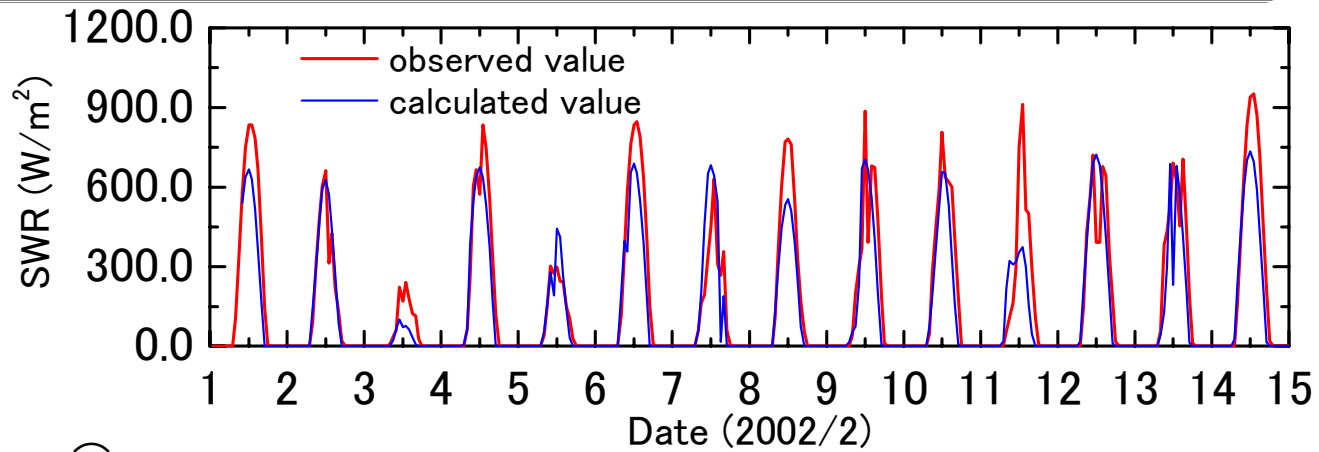


夏季の気温
1号ブイ

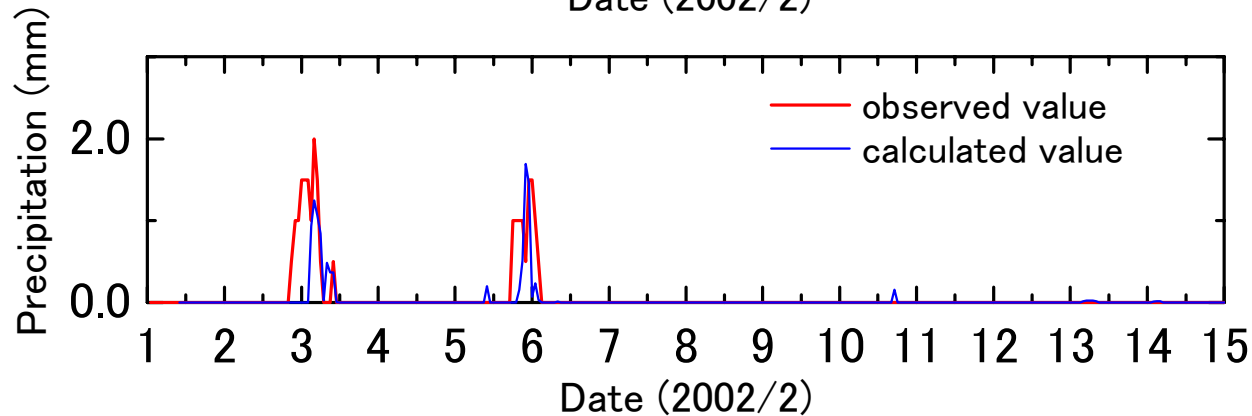


冬季の気温
1号ブイ

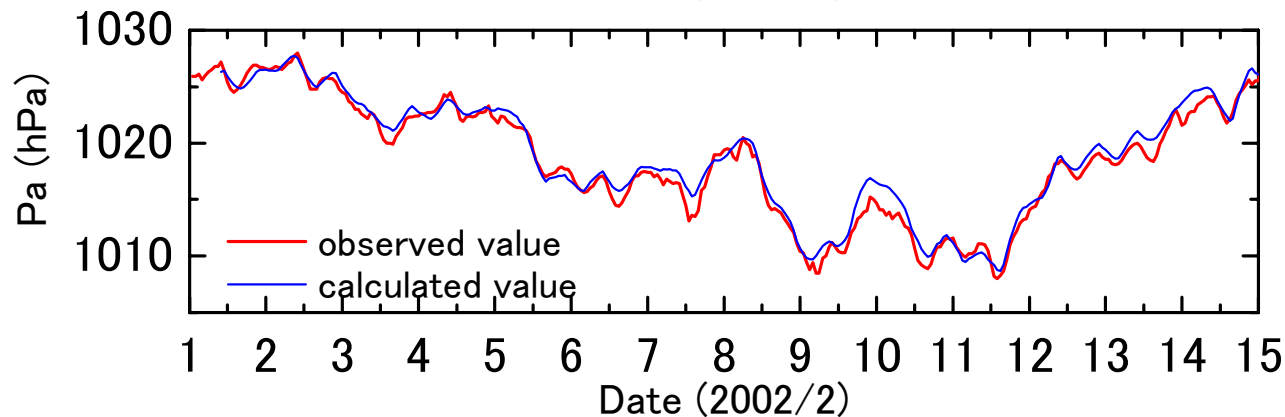
気象モデルの精度(日射, 降水量, 気圧)



冬季
名古屋
日射量

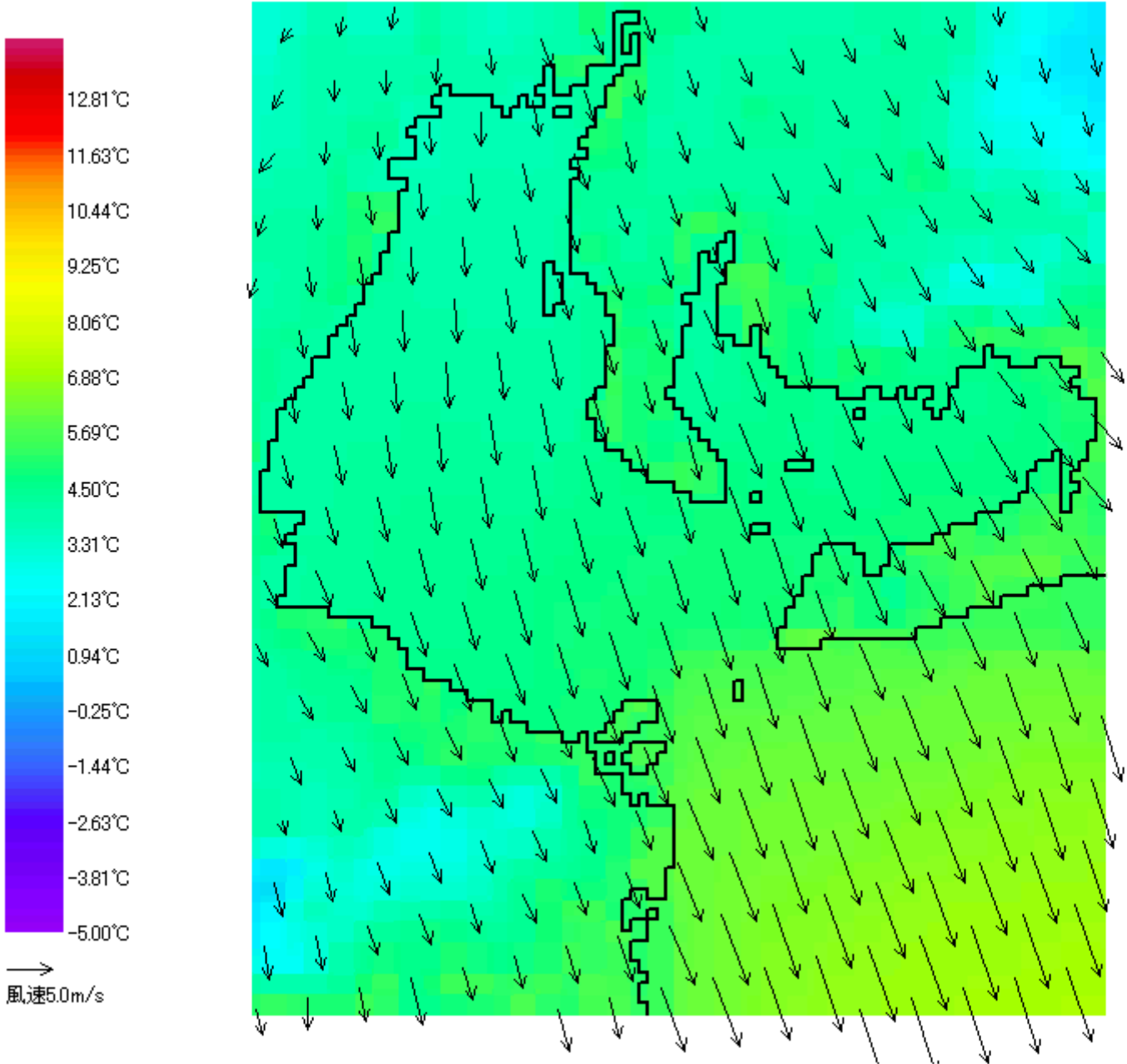


冬季
名古屋
降水量

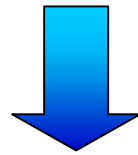


冬季
名古屋
気圧

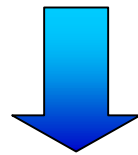
气温 2002年 2月 1日 10:00



より高精度に気象場からの影響を評価するためには、気象場と海洋場のインターフェースとなる海面境界過程で働いている大気・海洋・波浪場の中の複雑な相互作用を評価する必要があります。



大気・海洋・波浪場を一体的に扱う必要がある。



気象モデル、海洋モデル、波浪モデルを結合させた**大気－海洋－波浪結合モデル**を開発した。

気象モデル

MM5 (The Fifth-Generation NCAR /
Penn State Mesoscale Model)

- ペンシルベニア州立大学とNCARで開発されたメソ気象モデル

波浪モデル

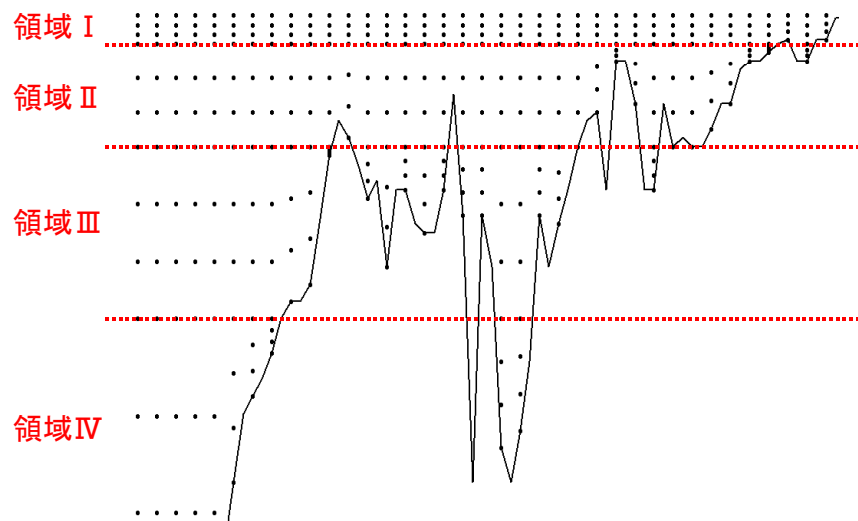
SWAN (Simulating Waves Nearshore)

- デルフト工科大学で開発された波浪推算モデル

海洋モデル

CCM (Coastal ocean Current Model)

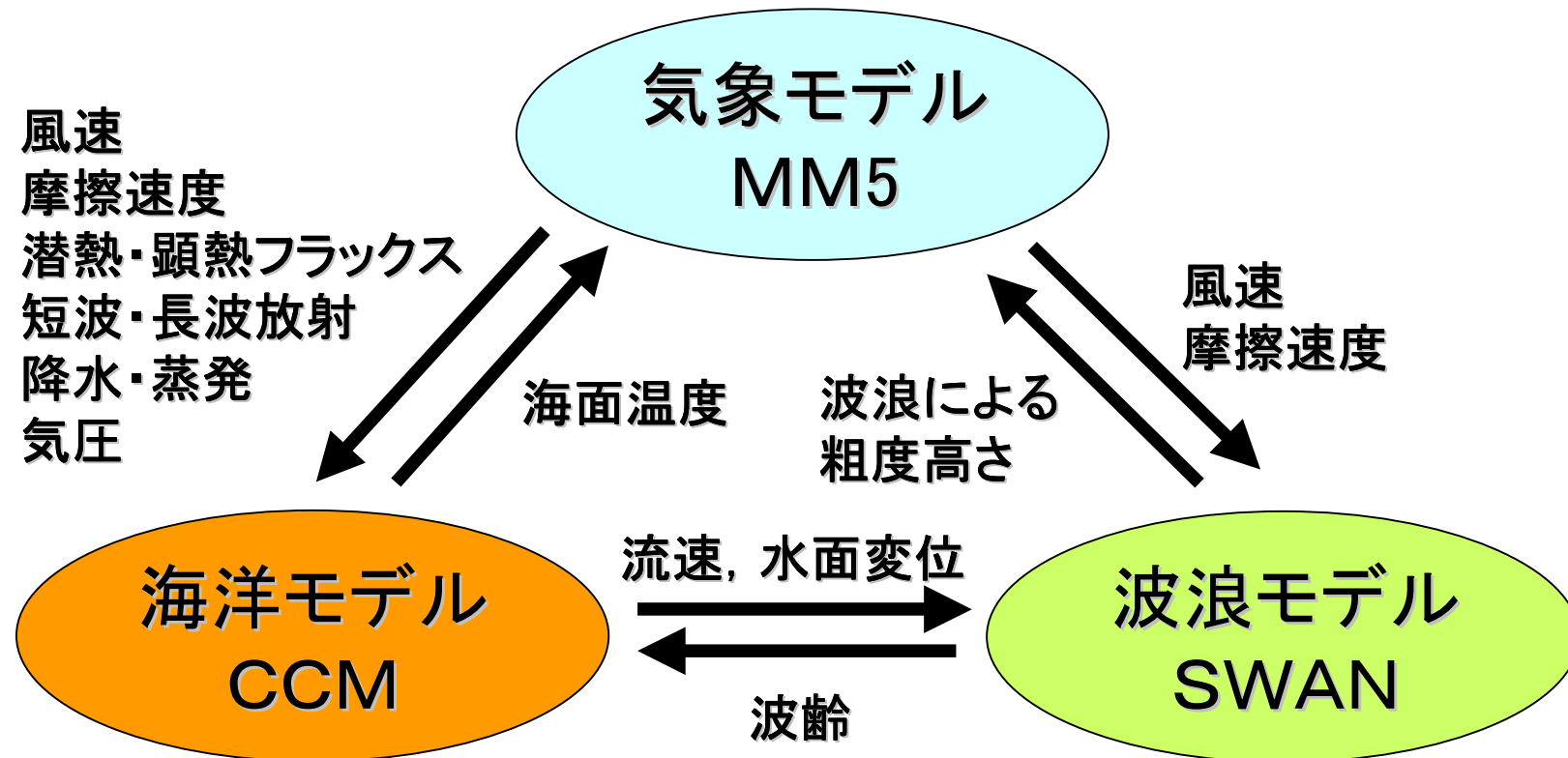
- 本研究室で開発した多重 σ 座標系海洋モデル



海底地形を正確に表現した上で、気象場との結合計算において重要となる最上層の差分を高精度で行うことができる。

- σ 座標の適用領域数を任意の数に設定できる。
- 鉛直渦粘性係数の計算にはMellor Yamada Level2.5乱流モデルを使用した。
- 水平移流項には5次精度上流差分，水平拡散項差分には4次精度中心差分を使用した。

交換変数



- MM5, CCMおよびSWANをPC-Linux上のシェルスクリプトで結合させる

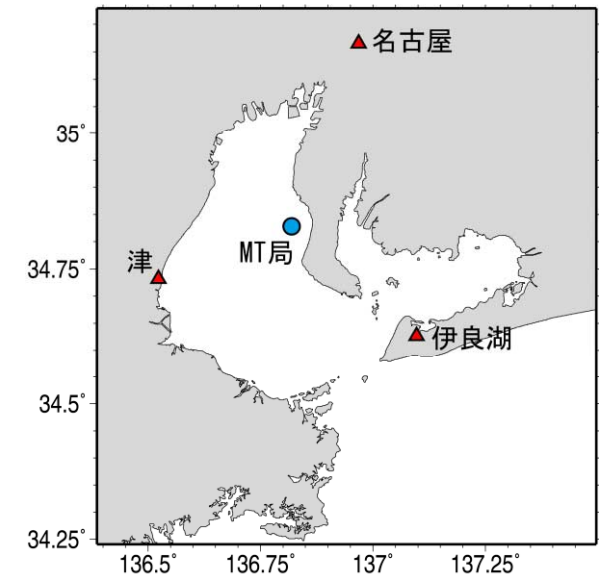
精度検証

- 計算対象;伊勢湾
- 計算期間;2002年2月1日～28日

Case1;大気－海洋－波浪結合モデル

Case2;観測値+海洋モデル

海面物理交換量	算出に用いたバルク式	バルク式に必要な 気象観測値
摩擦速度	Wu のバルク式(1982)	風速
顕熱	近藤(1994)の係数を用いたバルク式	風速, 気温
潜熱	Bowen 比	気温, 湿度
長波放射	Brunt のバルク式	気温, 湿度, 雲量
日射, 降水量, 気圧	なし	

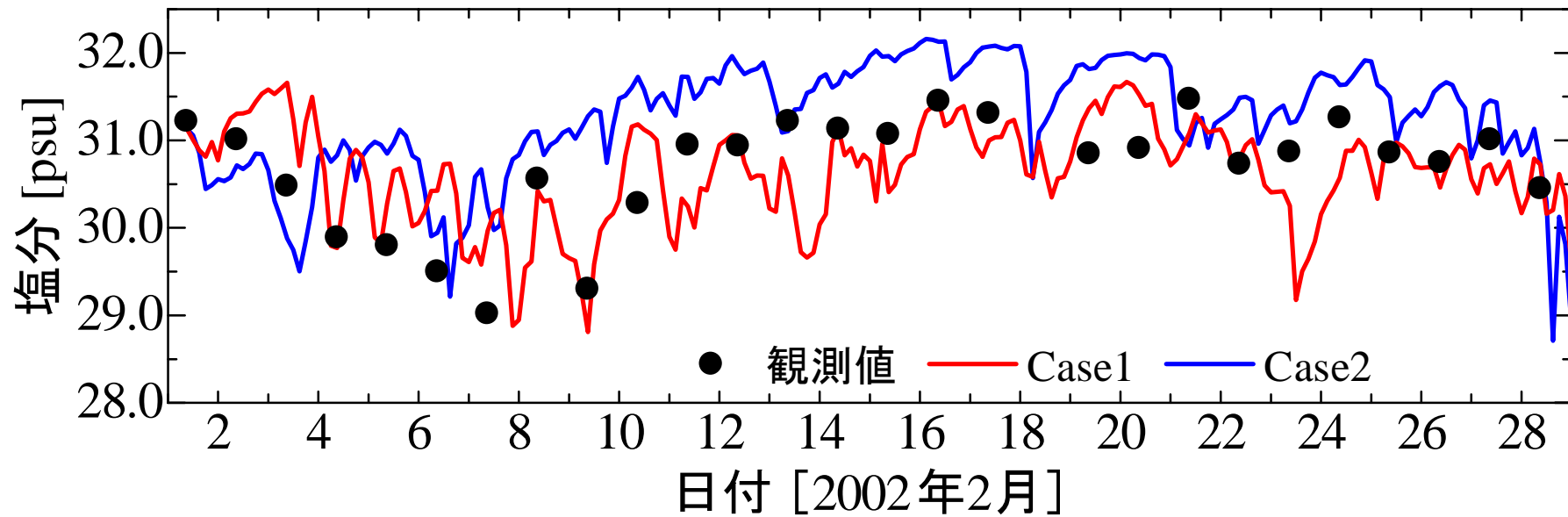
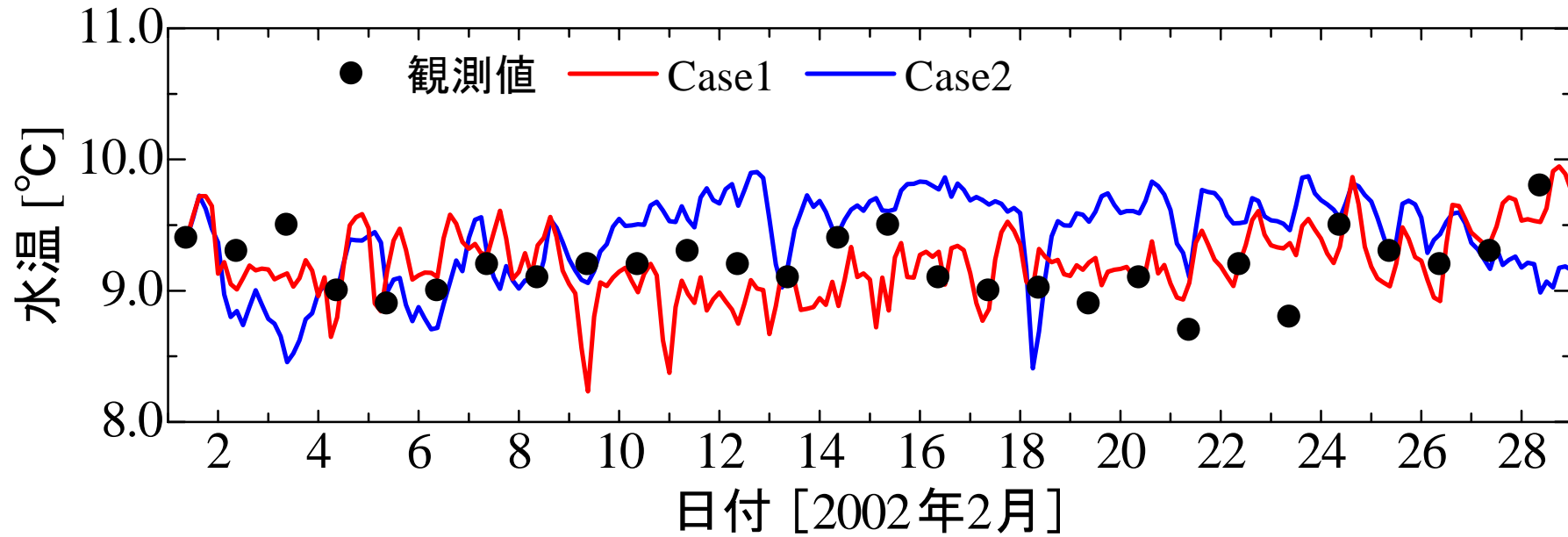


これらを比較することで, 気象場からの影響を詳細に評価できる
Case1は, どの程度, 海水流動の再現精度を改善するのかにつ
いて検討を行った.

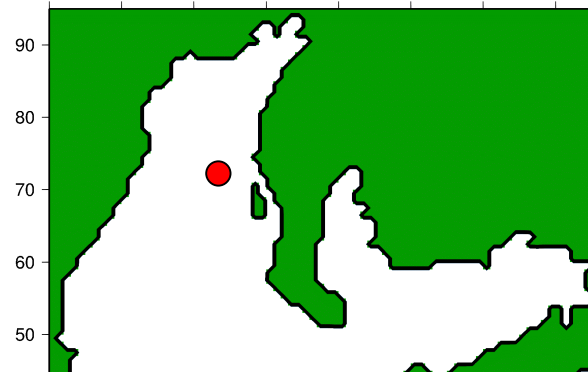
水温・塩分の精度検証



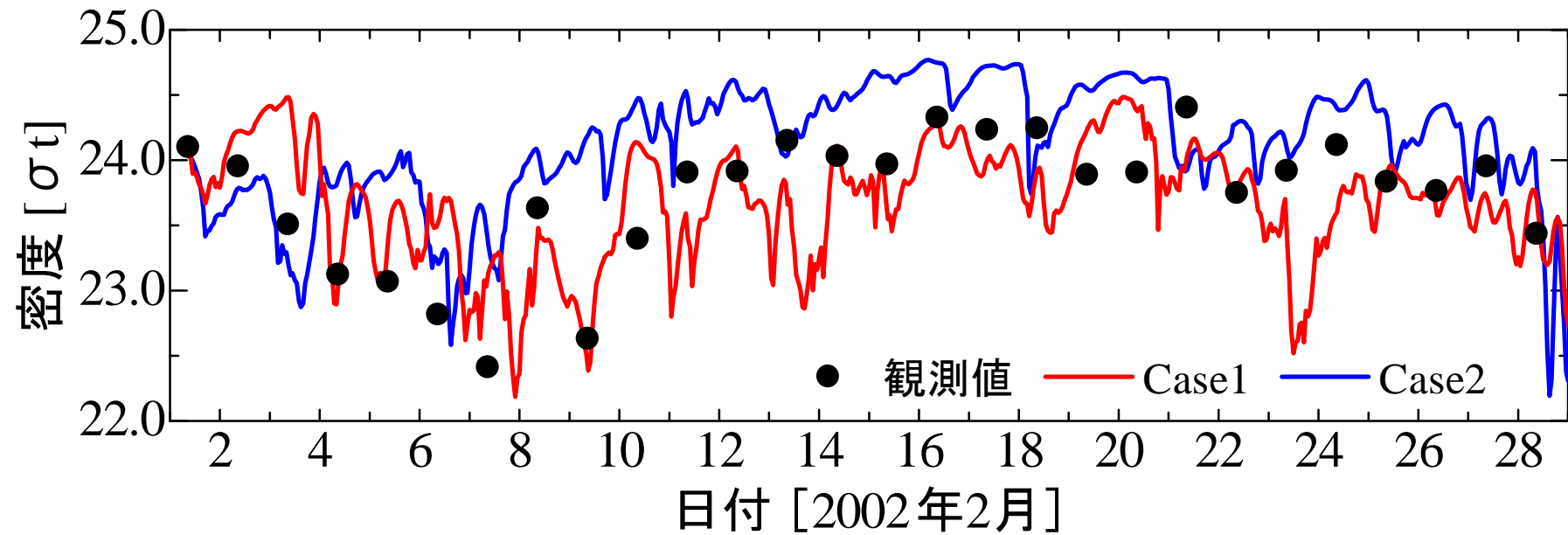
SB3 水面下2m



密度の精度検証

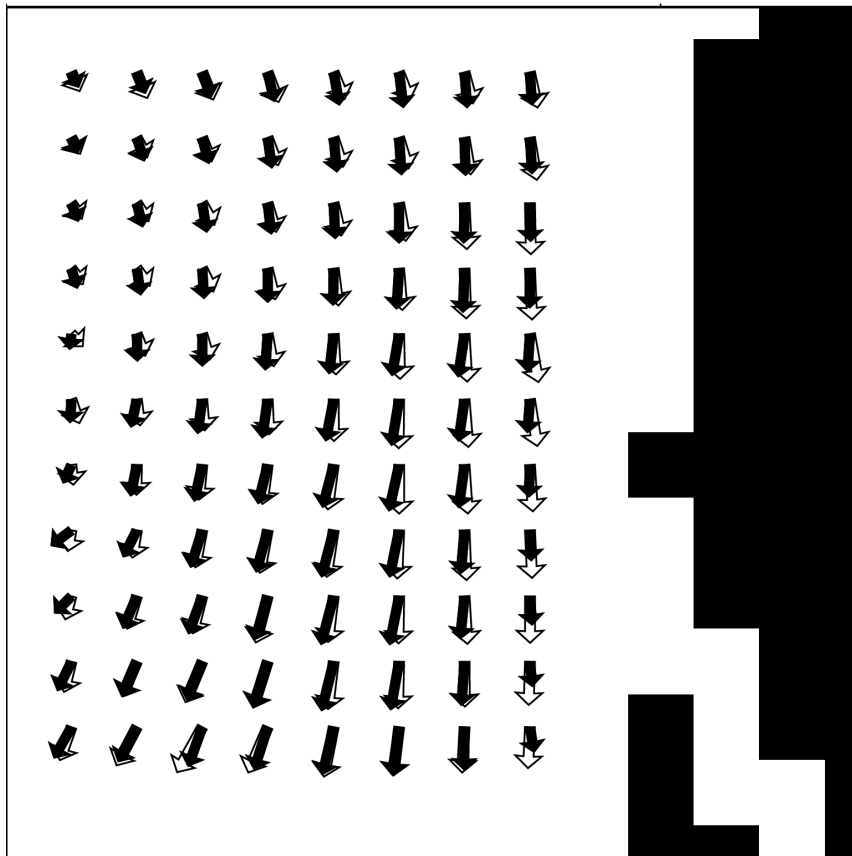


SB3 水面下2m



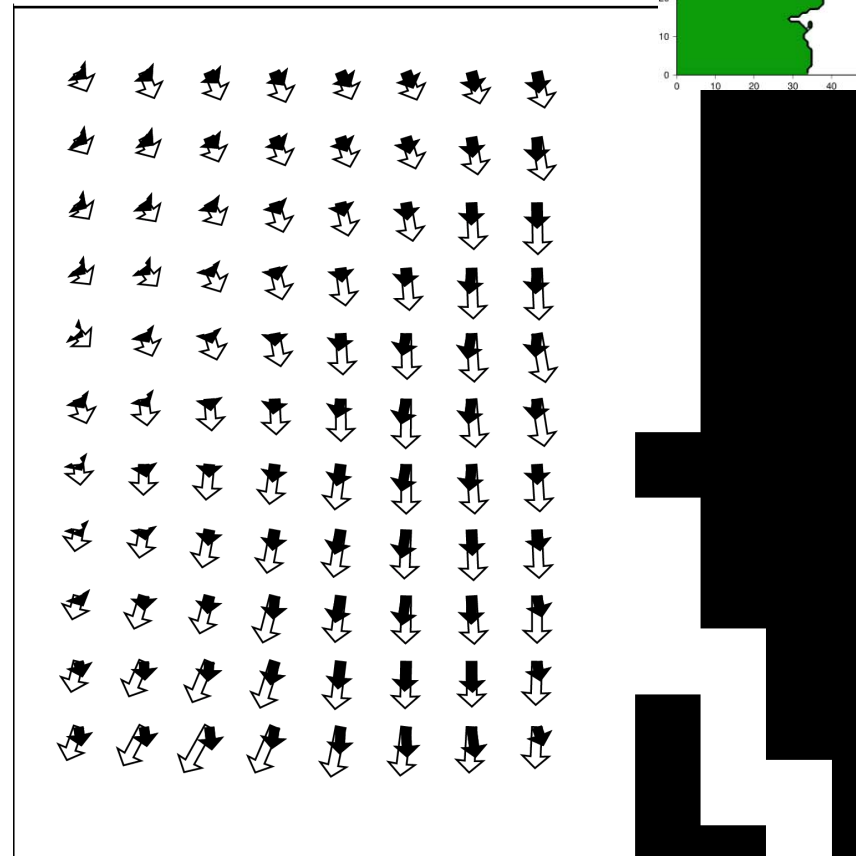
表層の流速

↑ : Observed 0.20[m/s]
↑ : Calculation 0.20[m/s]

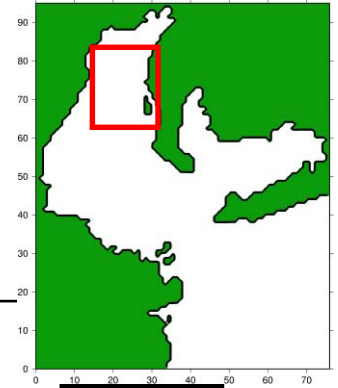


Case1

↑ : Observed 0.20[m/s]
↑ : Calculation 0.20[m/s]



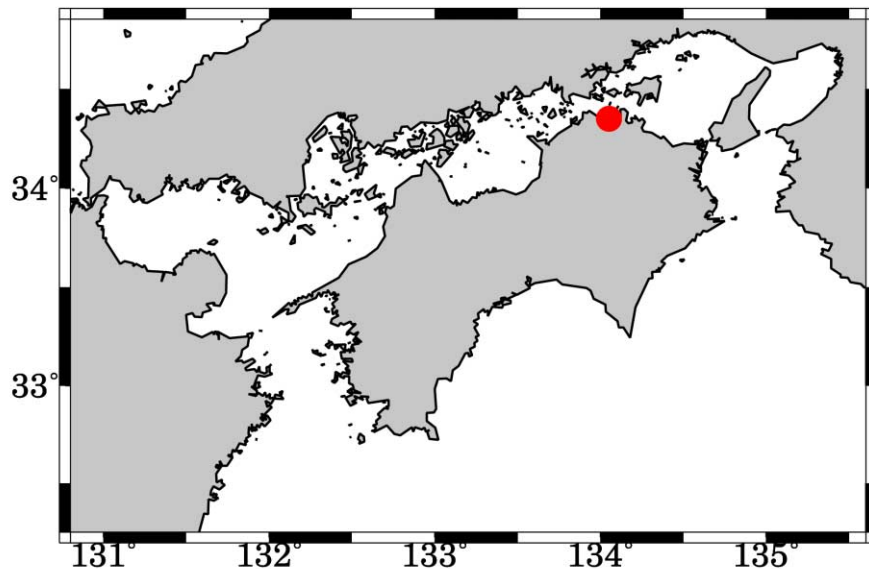
Case2



VHFレーダ観測値と計算値の観測期間(2002/2/18~26)平均の比較
黒のベクトル; 計算値 白のベクトル; VHFレーダ観測値

台風0416号による高潮の再現計算

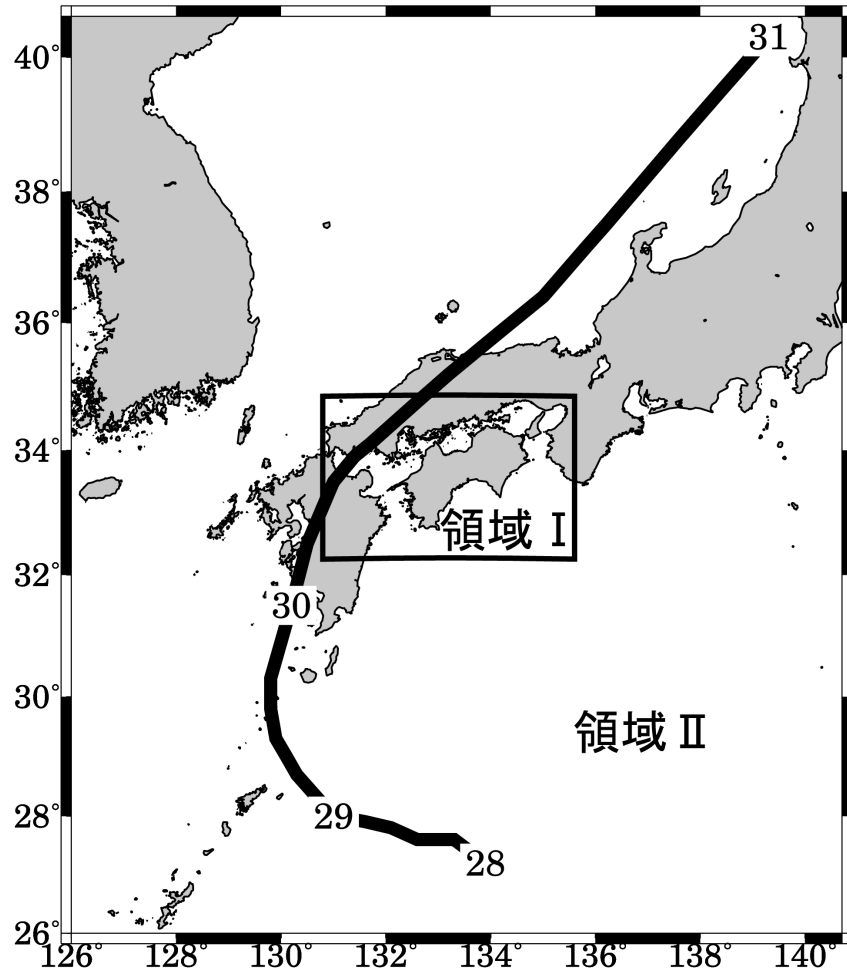
瀬戸内海全域に大きな高潮災害をもたらした台風0416号による高潮の再現計算を行う。



高松では、過去の極値を更新する**最大潮位偏差133cm**を記録し、大きな高潮災害をもたらした。

- **大気－海洋－波浪結合モデルを用いた計算(Case1)**
- 従来の高潮の再現計算手法である経験的台風モデルを海洋モデルに組込んだ計算 (Case2)

計算条件 (Case1)



計算領域と台風を進路(太実線)

- 計算期間は2004年8月28日0時～31日0時(UTC)
- 計算領域は台風を進路を支配する気団を含めて計算を行うための大領域 II (9km格子)
- 計算対象となる瀬戸内海周辺を高解像度で計算するための領域 I (3km格子)
- MM5では, 領域 I, II のネスティング計算を行った.
- CCMおよびSWANでは, 計算実行時間短縮のために領域 I のみを計算することにして, これらと気象場の領域 I を結合させた.

計算方法(Case2) 経験的台風モデル+海洋モデル

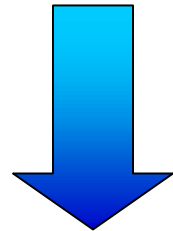
経験的台風モデル

- Schloemerの気圧分布式
- 傾度風方程式
- Blatonの式

$$p = p_c + \Delta p \exp(-r_m / r)$$

$$\frac{V_{gr}^2}{r_t} + fV_{gr} = \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r}$$

$$\frac{1}{r_t} = \frac{1}{r} \left(1 + \frac{C}{V_{gr}} \sin \alpha \right)$$

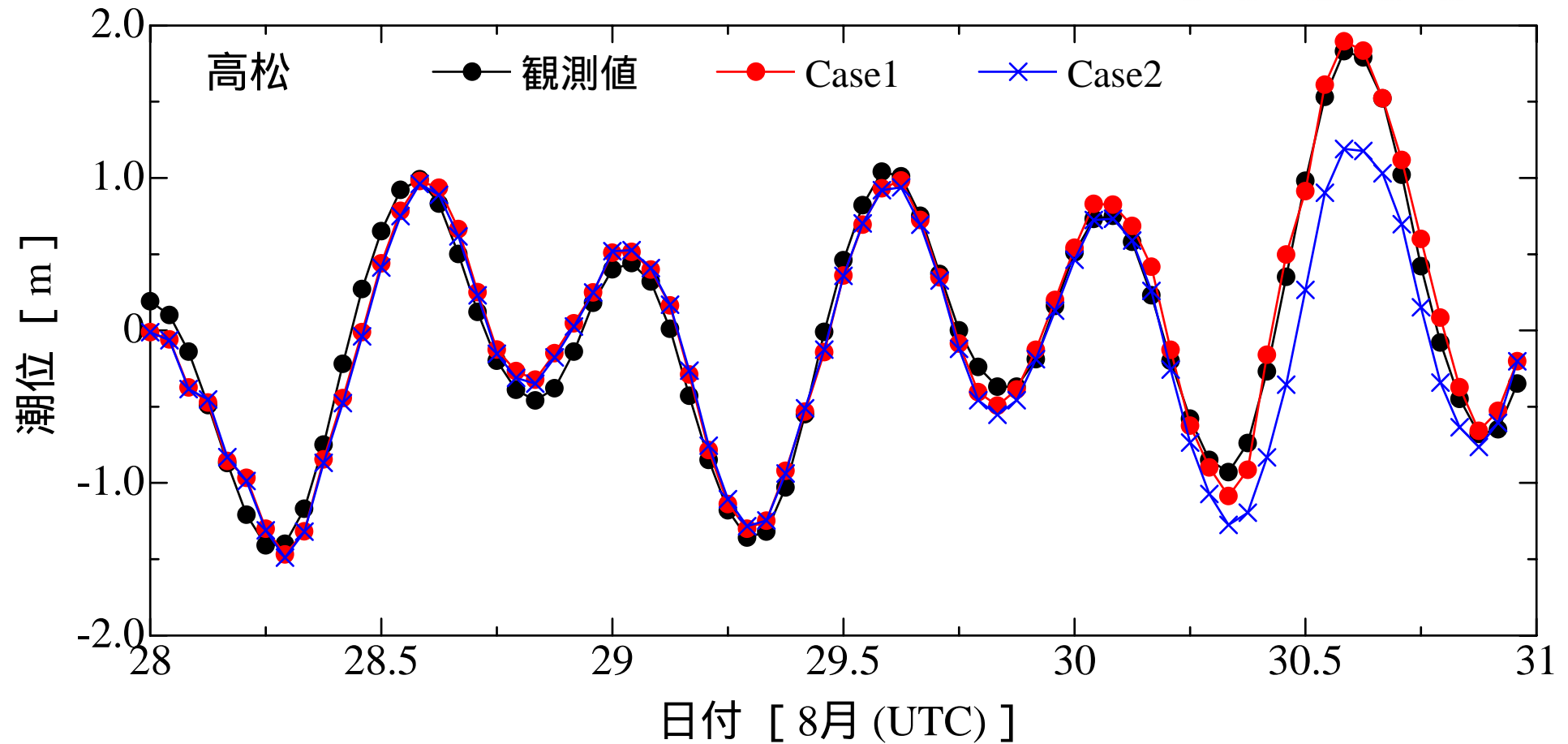
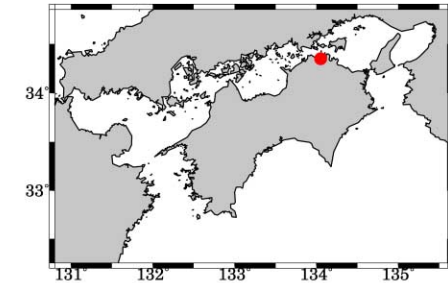


各パラメータは**気象庁ベストトラック**を用いて与えた。

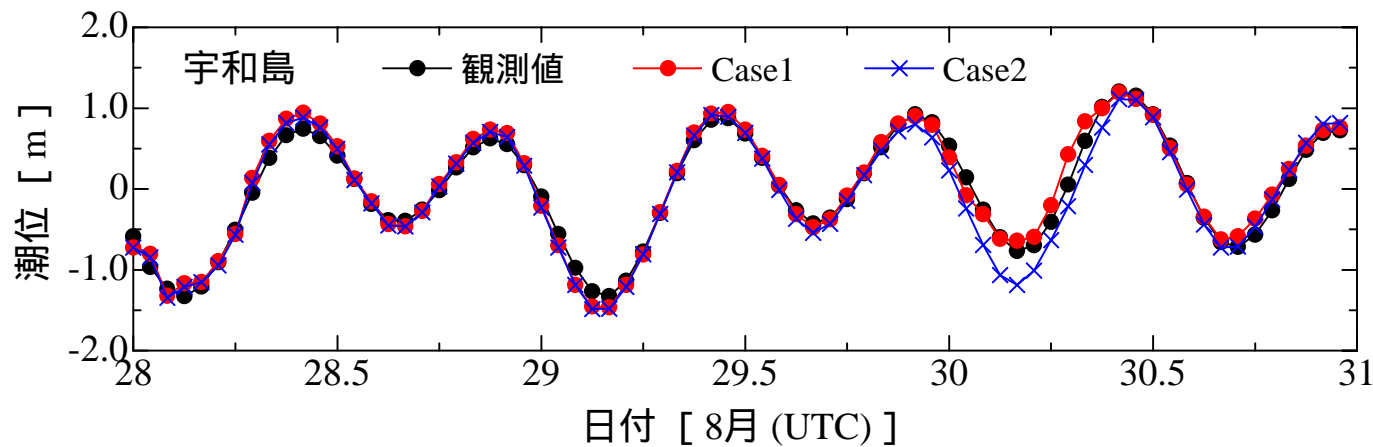
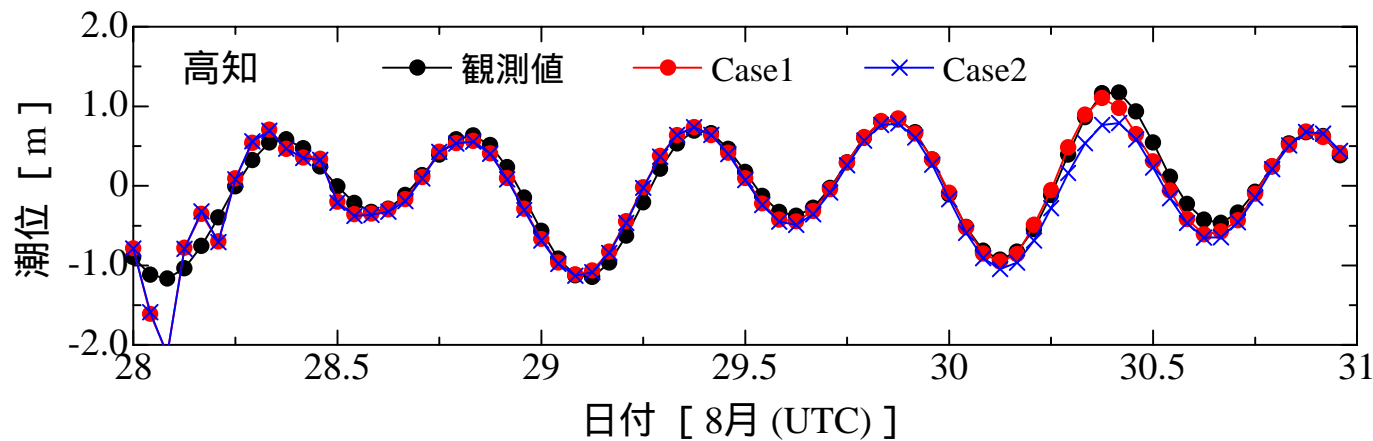
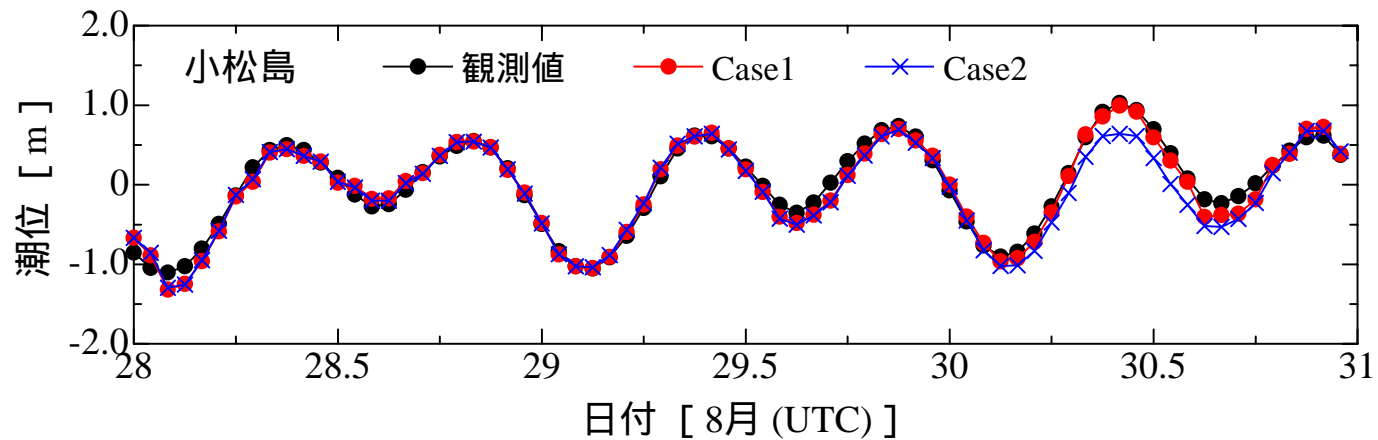
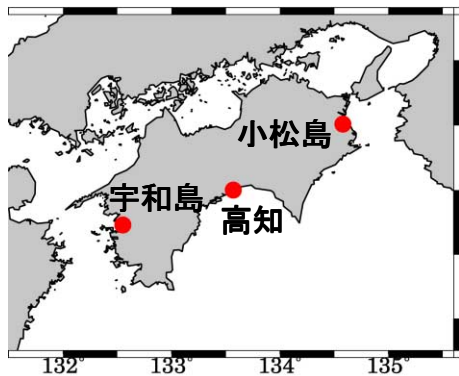
- 経験的台風モデルによって得た気圧および風速(摩擦速度)分布を**海洋モデルCCM**に入力した。
- その際, CCMの計算条件はCase1のCCMと同様とした。

これらと比較することで, 数多くの物理過程を考慮した結合モデル(Case1)は, どの程度, 高潮の再現精度を改善するのかについて検討した。

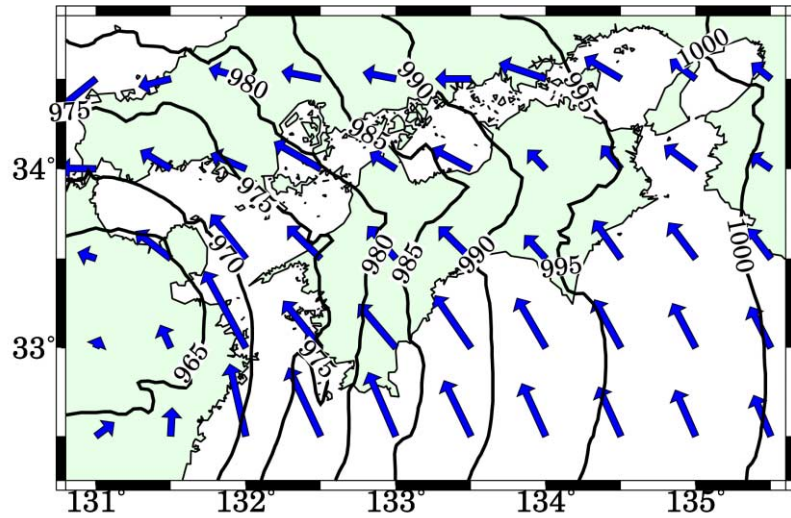
計算結果 高松の潮位



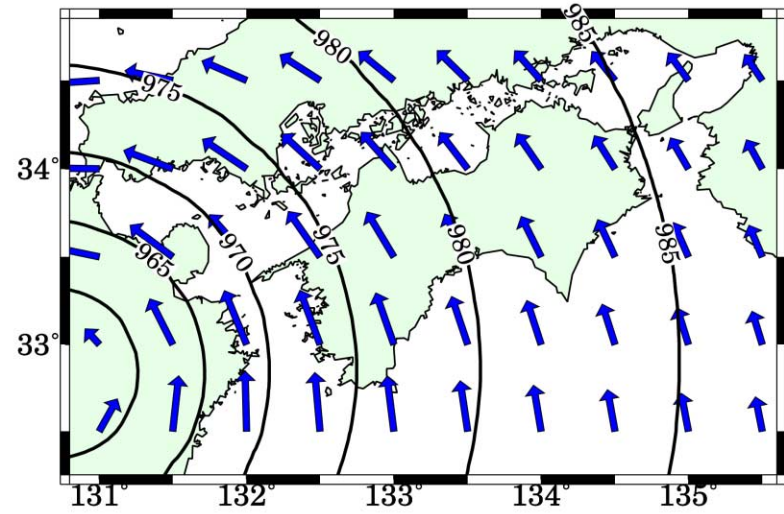
- 30日14時(UTC)の潮位偏差124cm
- Case1では6cmの過大評価，Case2では64cmの過小評価



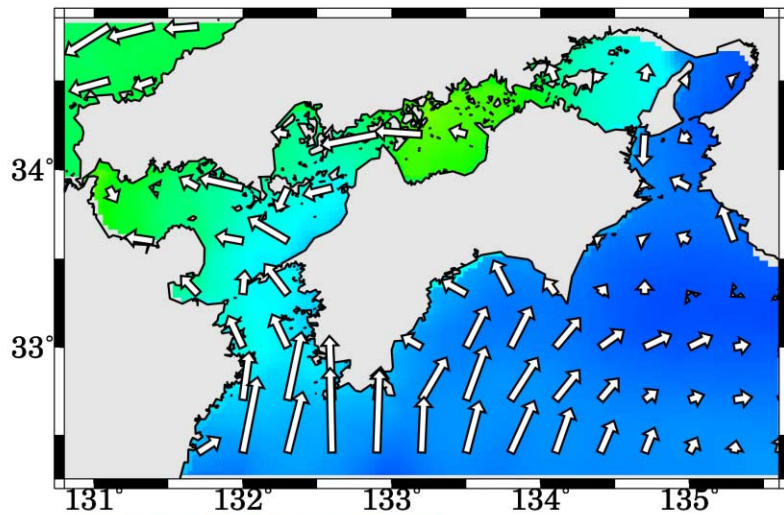
30日 4:00



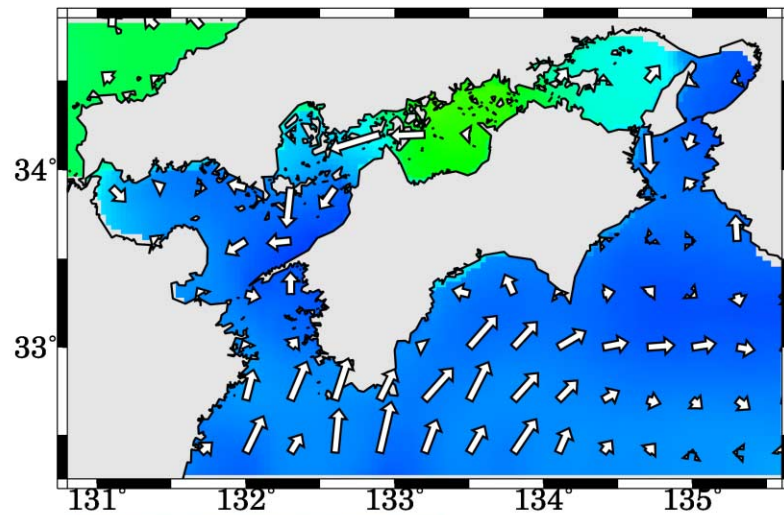
Case1 気圧と風速 ↑: 20.0[m/s]



Case2 気圧と風速 ↑: 20.0[m/s]

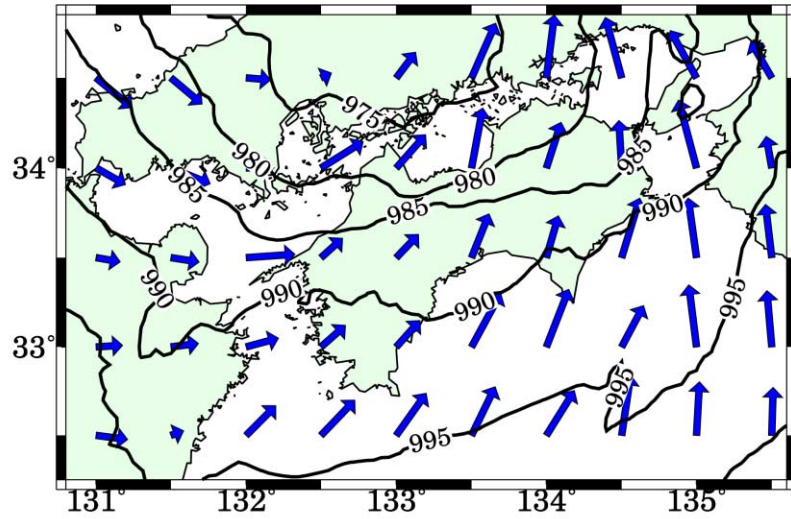


Case1 潮位と流速

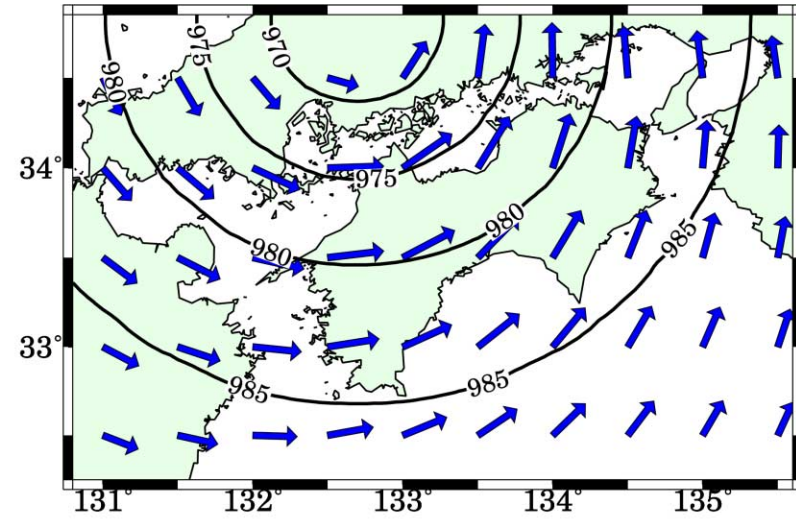


Case2 潮位と流速

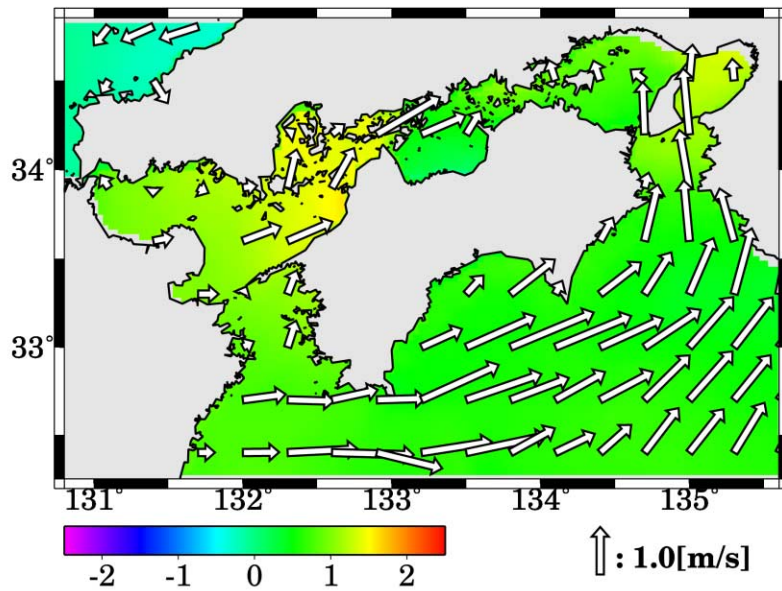
30日 11:00



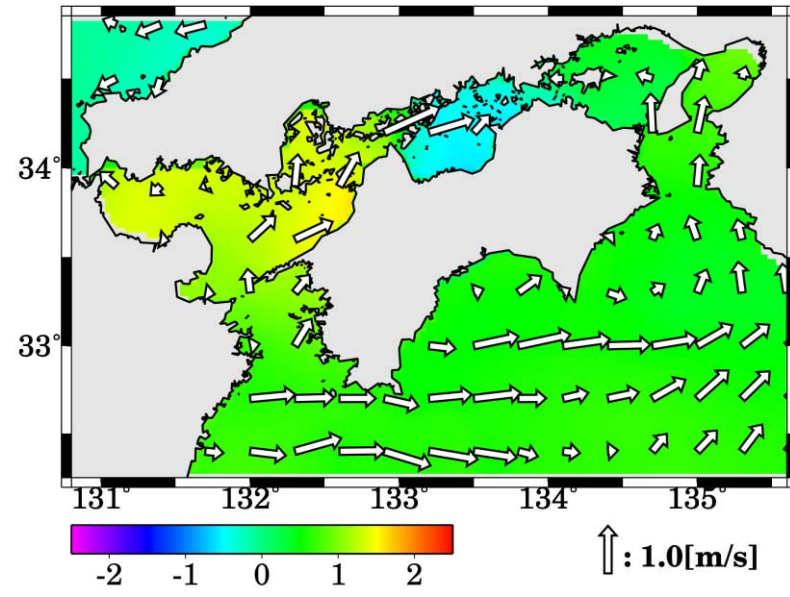
Case1 気圧と風速 ↑: 20.0[m/s]



Case2 気圧と風速 ↑: 20.0[m/s]

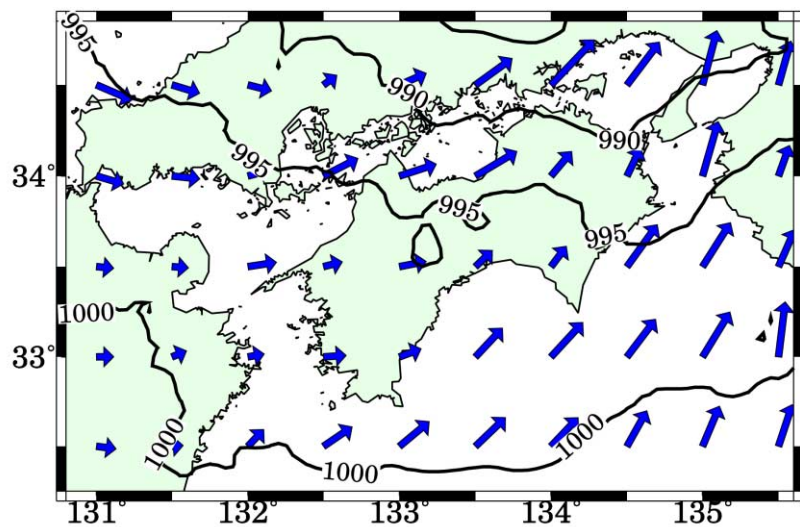


Case1 潮位と流速

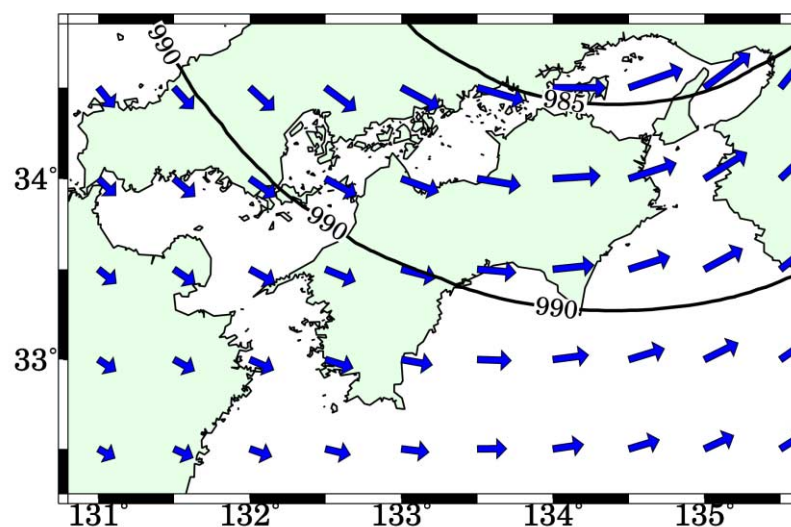


Case2 潮位と流速

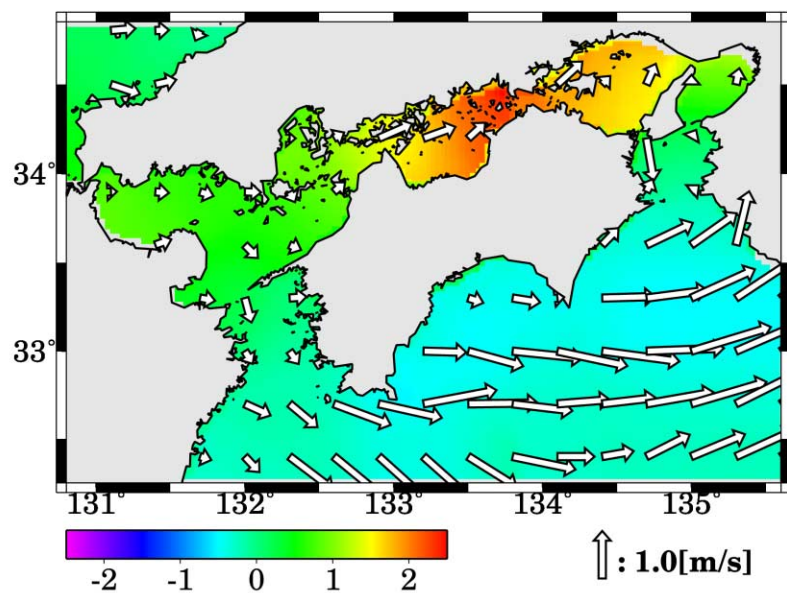
30日 14:00



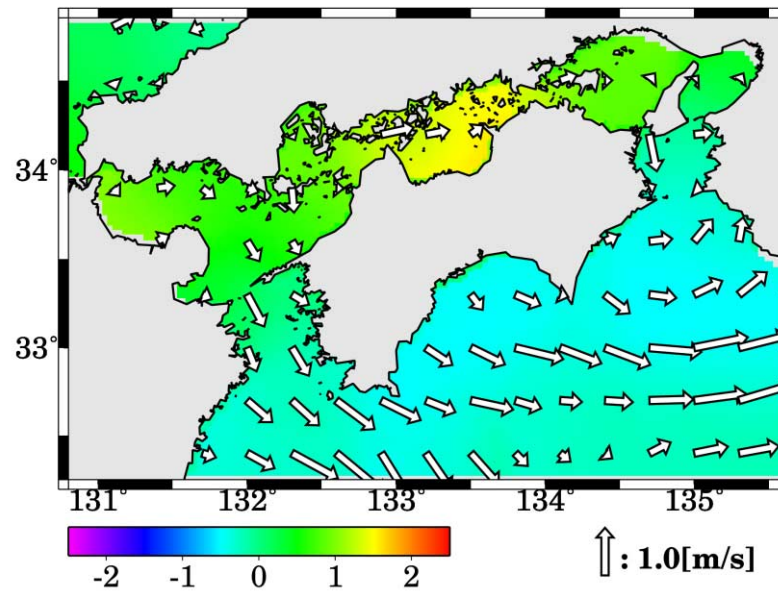
Case1 気圧と風速 ↑: 20.0[m/s]



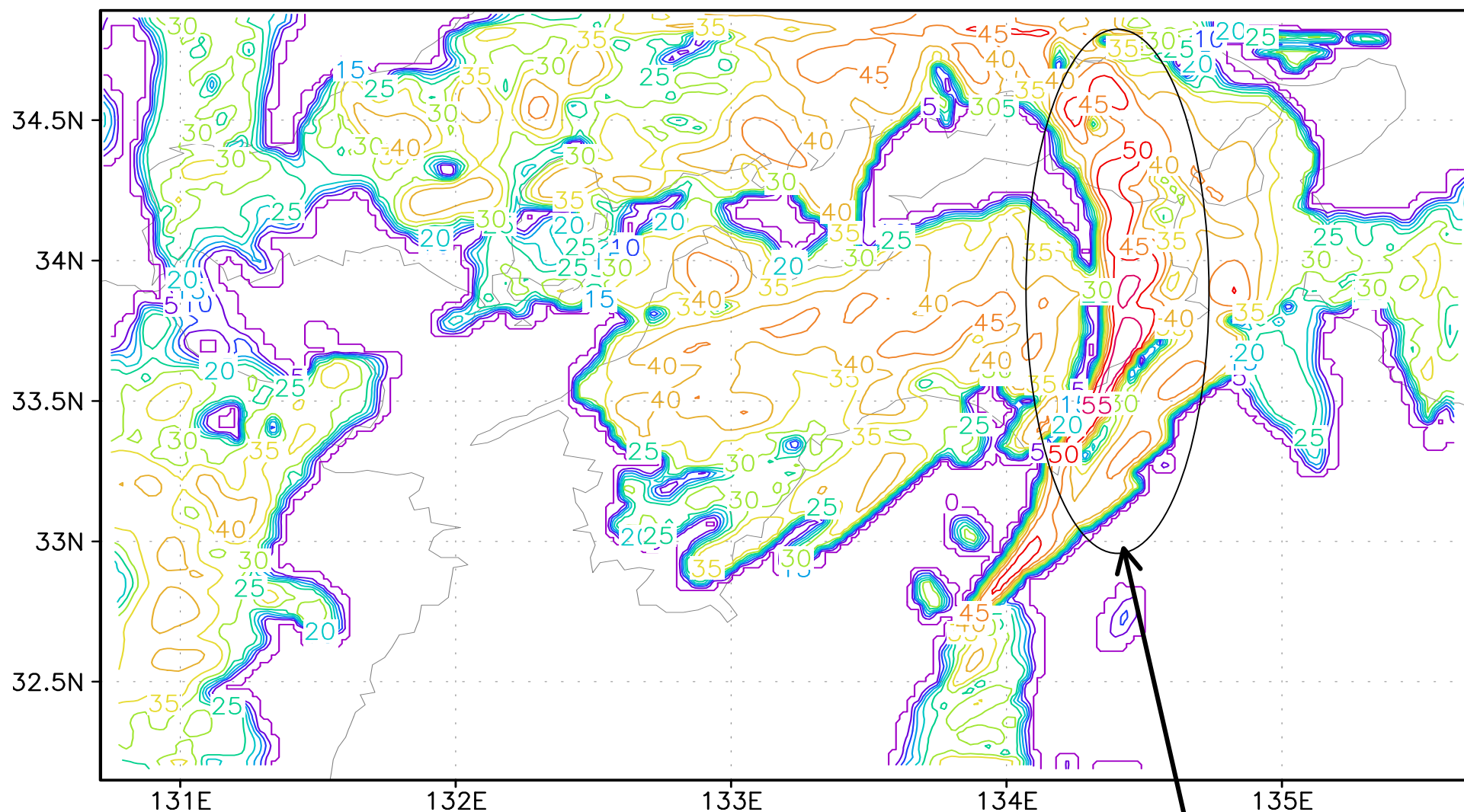
Case2 気圧と風速 ↑: 20.0[m/s]



Case1 潮位と流速



Case2 潮位と流速



レーダー反射強度 (dbz)

台風縁辺部で発達するア
ウターレインバンド(外側降
雨帯)に伴う局所的な強風

まとめ

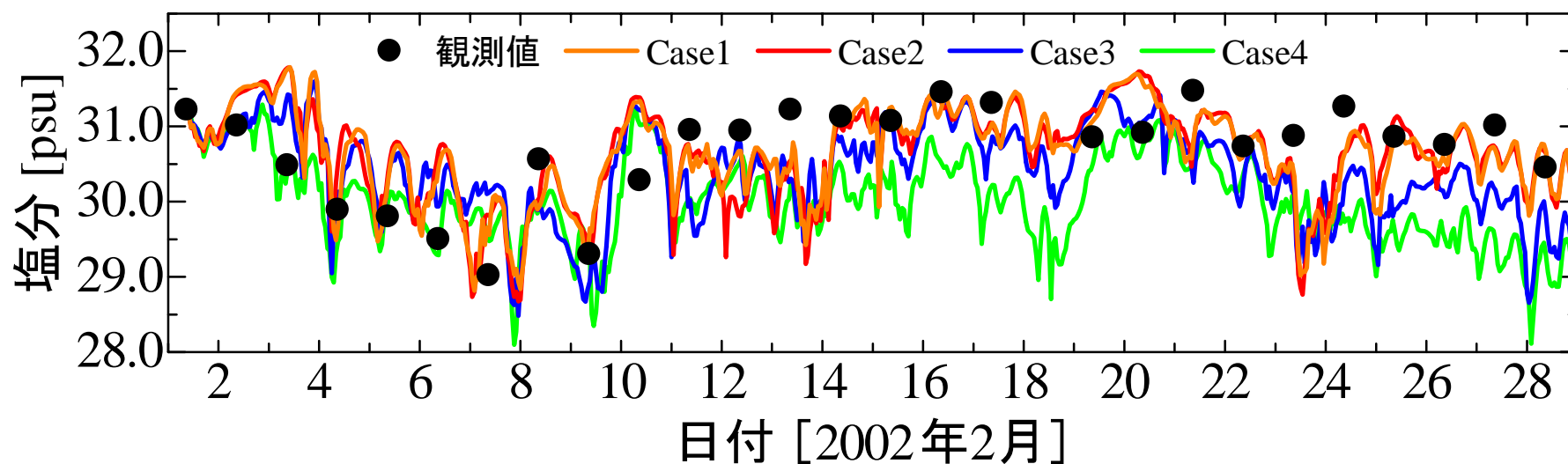
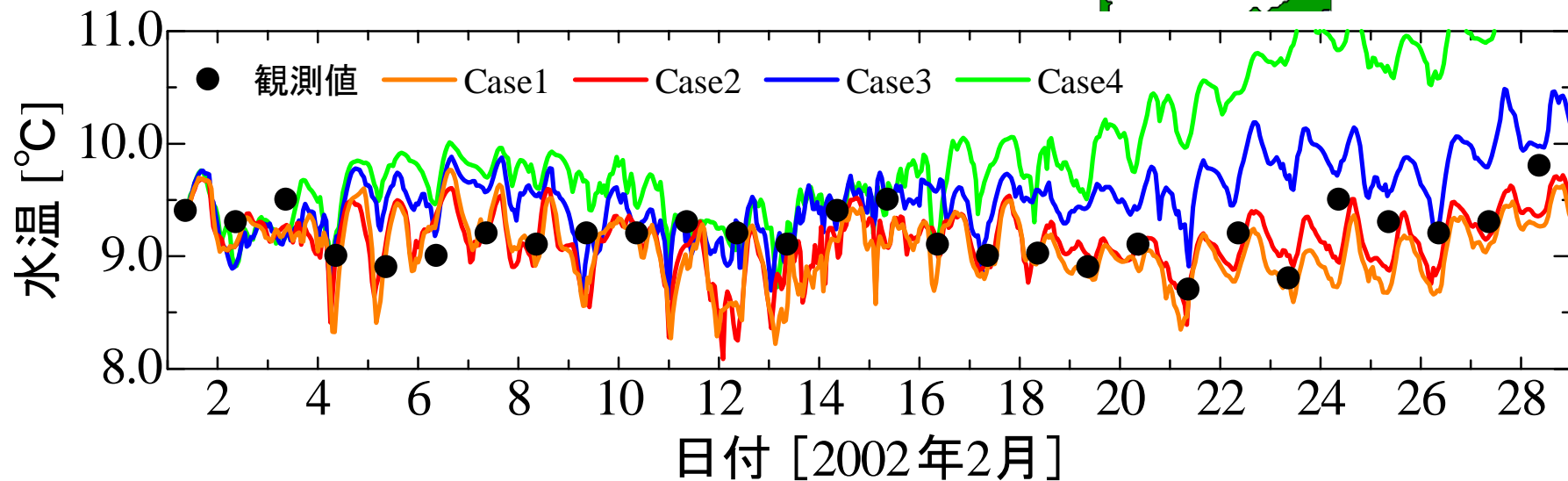
- 気象場からの影響は、内湾の海水流動に大きな影響を与える。
- 気象モデルを用いることで、気象場からの影響を高精度に評価できることが明らかとなった。
- 大気－海洋－波浪結合モデルは、観測値や経験的台風モデルを用いた海洋モデルに比べて、内湾の流速、密度、高潮などの再現精度を大きく改善できることが明らかとなった。

気象モデルの解像度が海水流動に与える影響

気象モデルの解像度
Case1; 2km
Case2; 3km
Case3; 9km
Case4; 18km

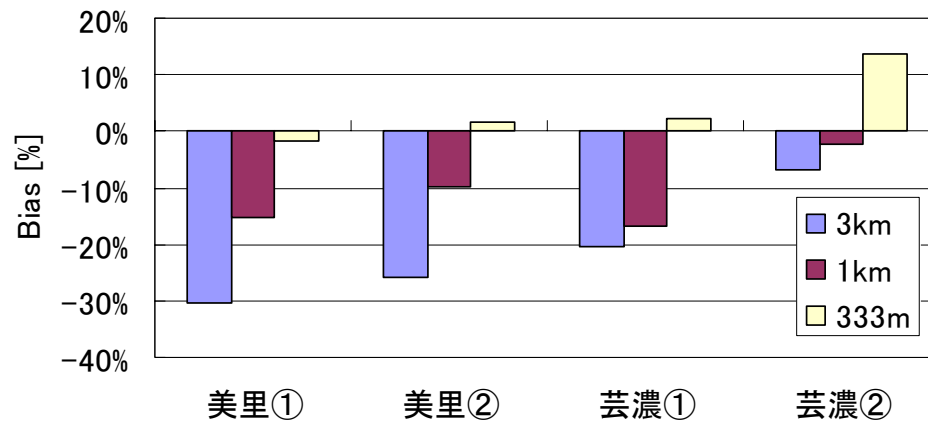
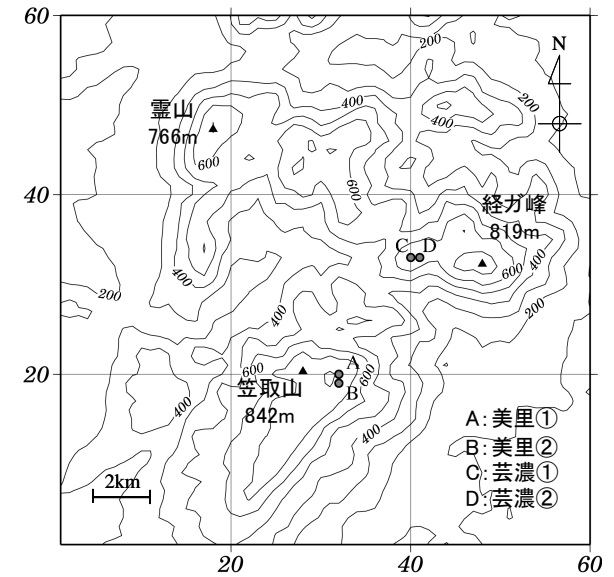


SB3
水面下2m

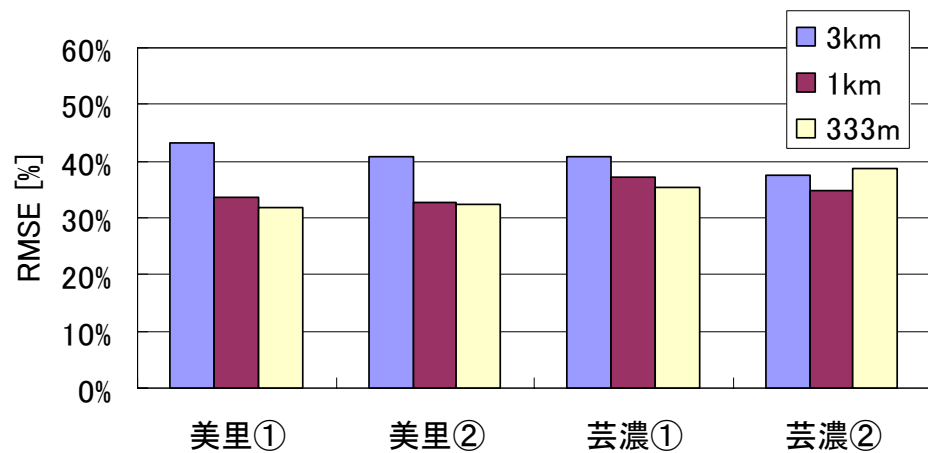


高解像度化に伴うMM5の風速の計算精度

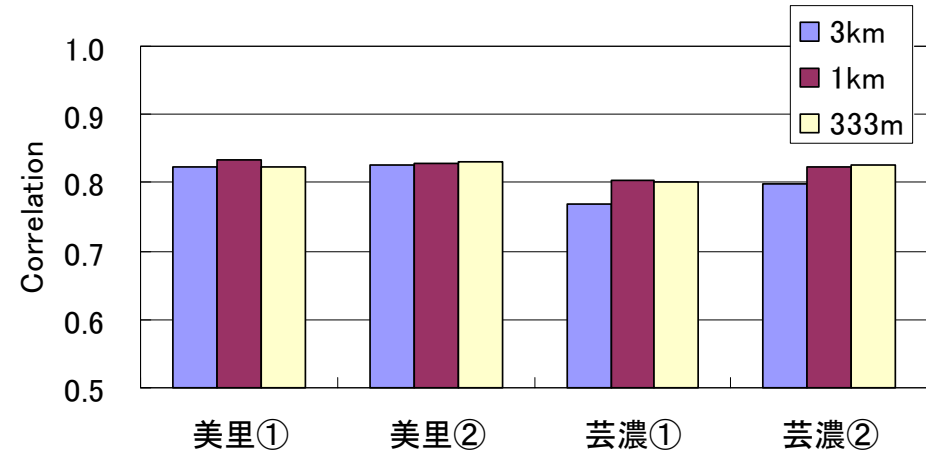
橋本ら(2004): 複雑地形上でのMM5の計算精度と高解像度化の限界に関する検討, 日本風工学会論文集, Vol.30, No.3, pp.65-74.



(a) BIAS



(b) RMS誤差

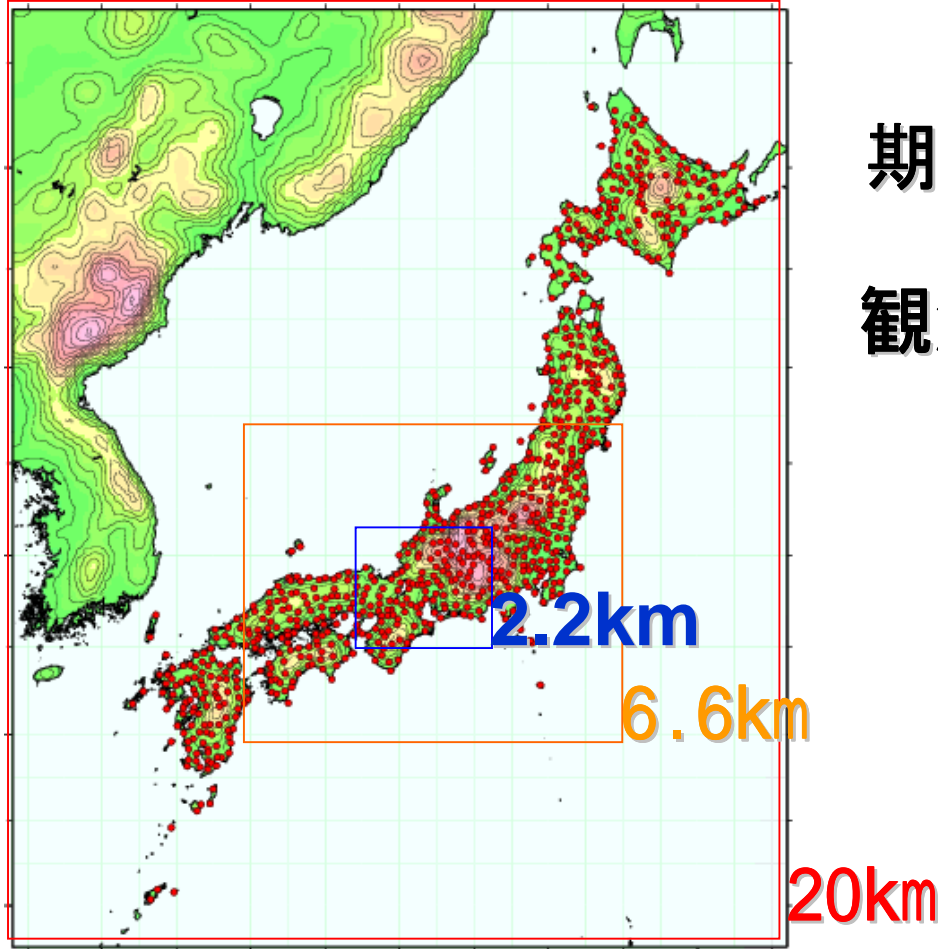


(c) 相関係数

1.モデル間の比較検証

MM5 及びWRFの計算結果と、
気象庁が配信するRSM予測
値を基に、バイアス、相関係
数、RMS誤差の比較検証を
行う

計算領域及び観測点



深尾ら(2005) : メソ気象モデルMM5とWRFの予測精度の比較検証, 日本気象学会春季大会

期間 2003年8月1日～31日

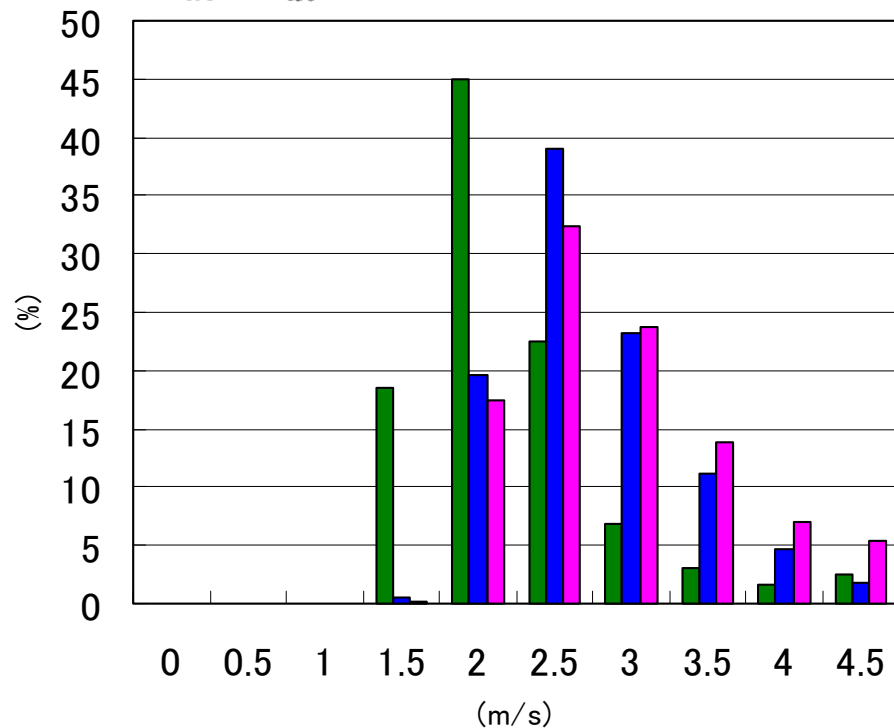
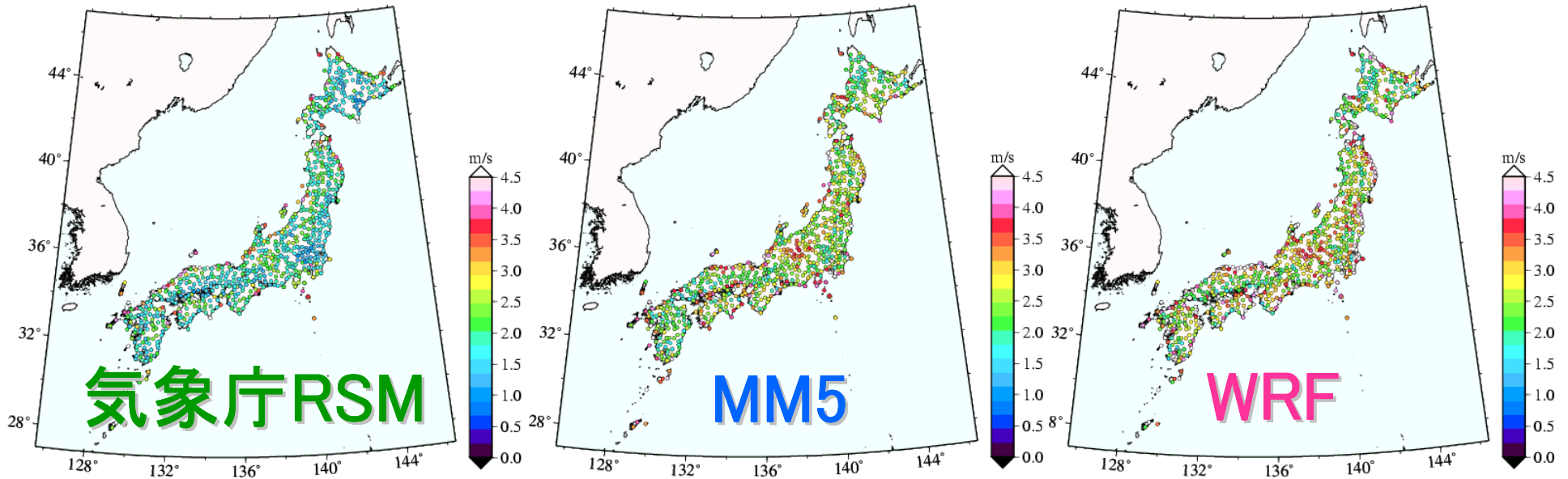
観測点

AMeDAS観測点 (827地点)

気象官署 (143地点)

	モデル	領域 1	領域 2	領域 3
水平解像度	MM5・WRF	20km	6.66km	2.22km
鉛直総数	MM5・WRF	20(100hPa)		
タイムステップ	MM5・WRF	60sec・120sec	20sec・40sec	6.7sec・13.3sec
予報時間	MM5・WRF	51時間		
初期値・境界値	MM5・WRF	気象庁RSM(3時間間隔, 20km格子)		
海面温度データ	MM5・WRF	NCEP daily SST (1°×1°格子)		

風速のRMS誤差

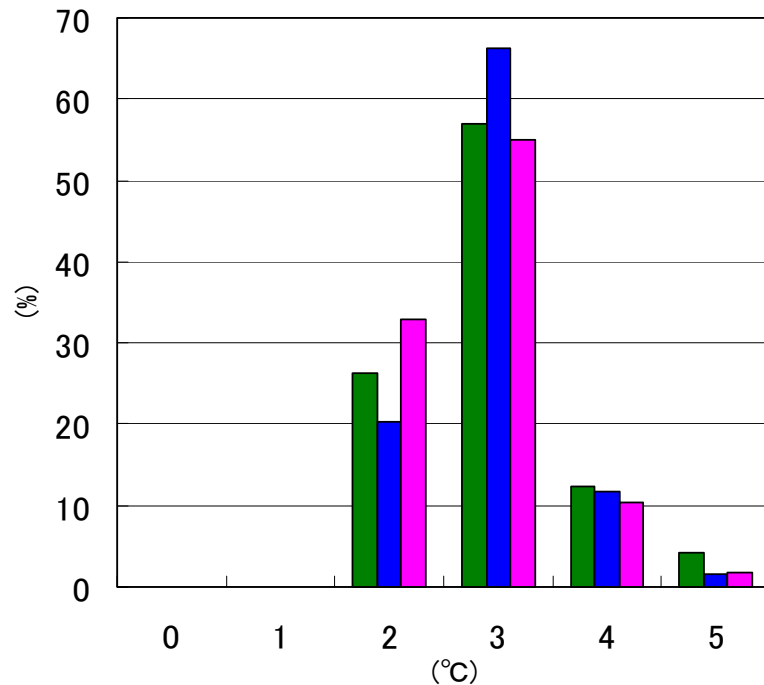
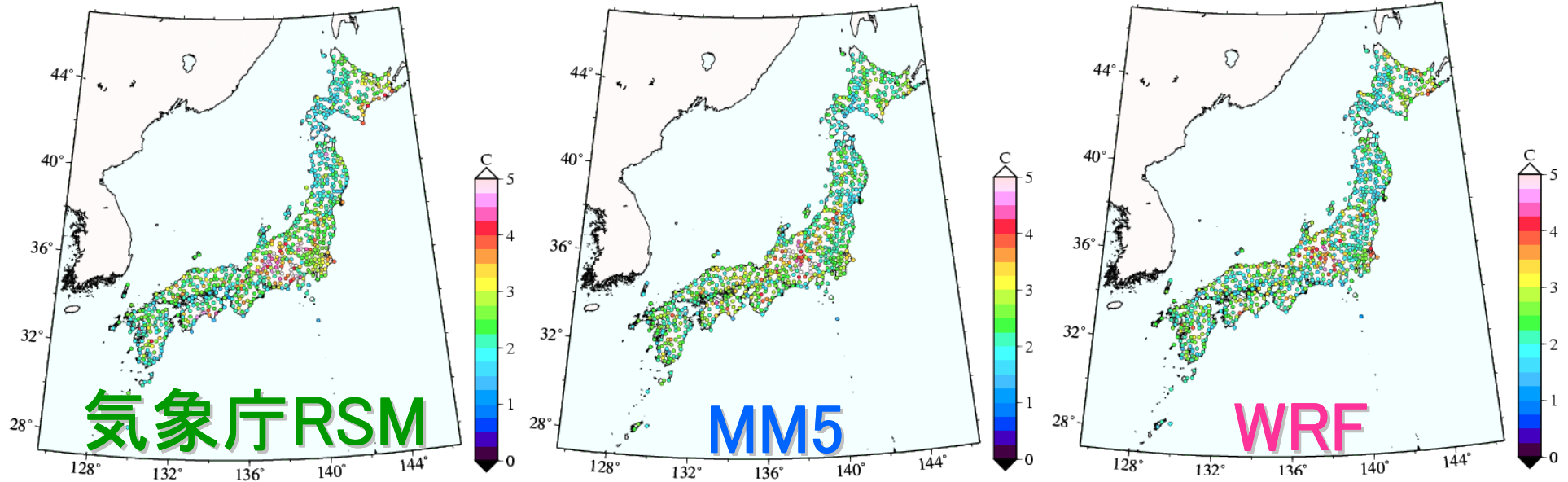


・特に山岳地域において精度が低い

・標準偏差を見ると, RSM0.7, MM5が0.6, WRFが0.8

深尾ら(2005) : メソ気象モデルMM5とWRFの予測精度の比較検証, 日本気象学会春季大会

気温のRMS誤差



・急峻な山岳地域（特に中部地方）
では誤差が大きい

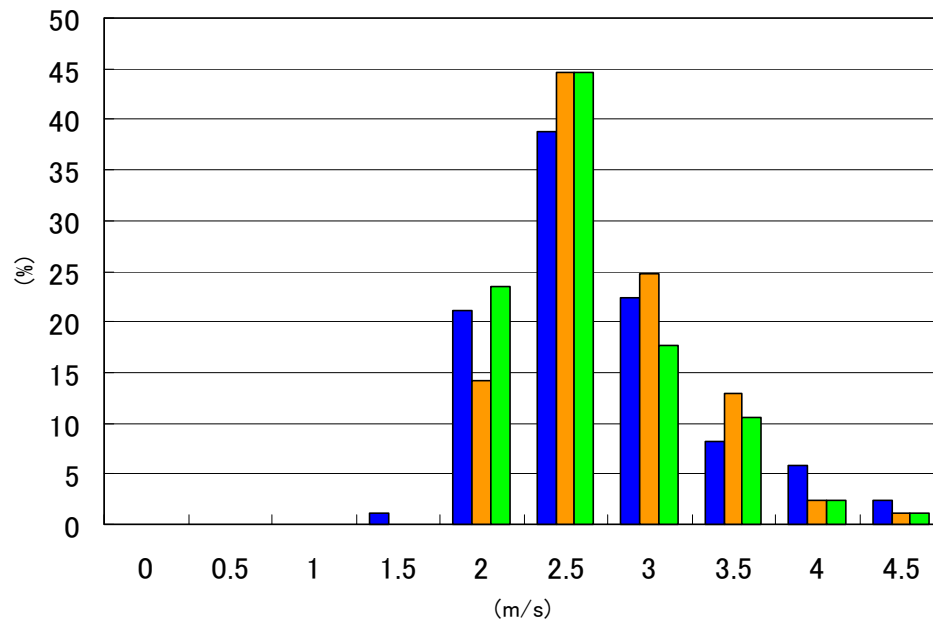
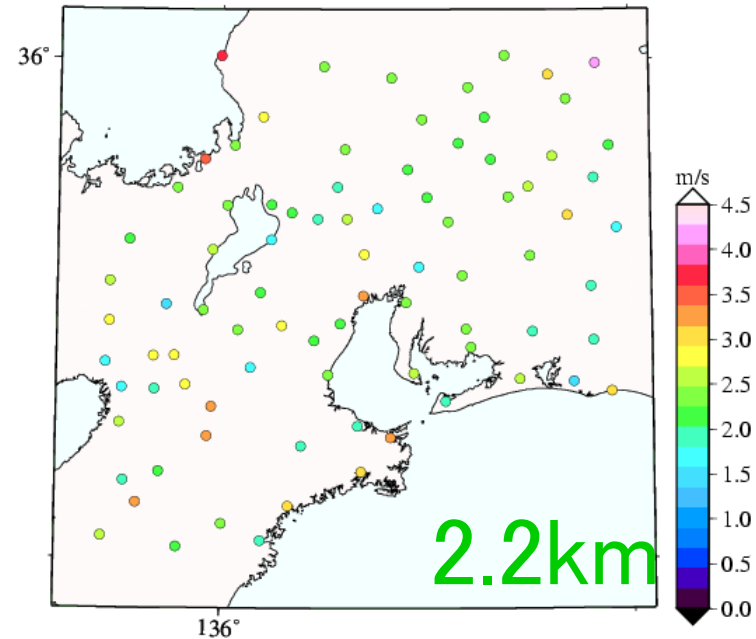
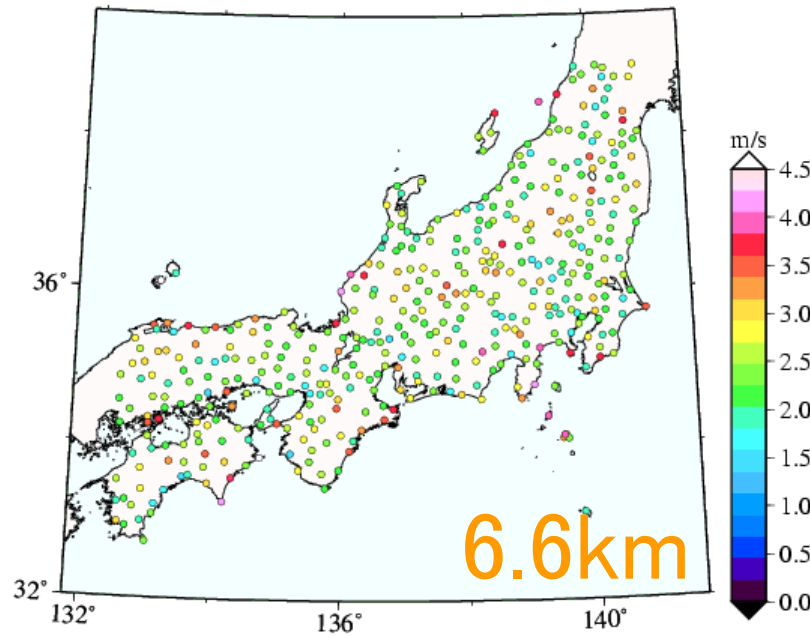
・標準偏差を見ると，気象庁RSM
は0.8，MM5は0.7，WRFは0.6

深尾ら(2005)：メソ気象モデルMM5とWRFの予
測精度の比較検証，日本気象学会春季大会

空間解像度間の精度検証

MM5及びWRFはメソスケールの気象現象を対象として開発されたモデルである。そこで、**MM5**の解像度を6.6km, 2.2kmに上げた場合に、風速、気温の精度がどの程度改善されるかについて検証した。

風速RMS誤差



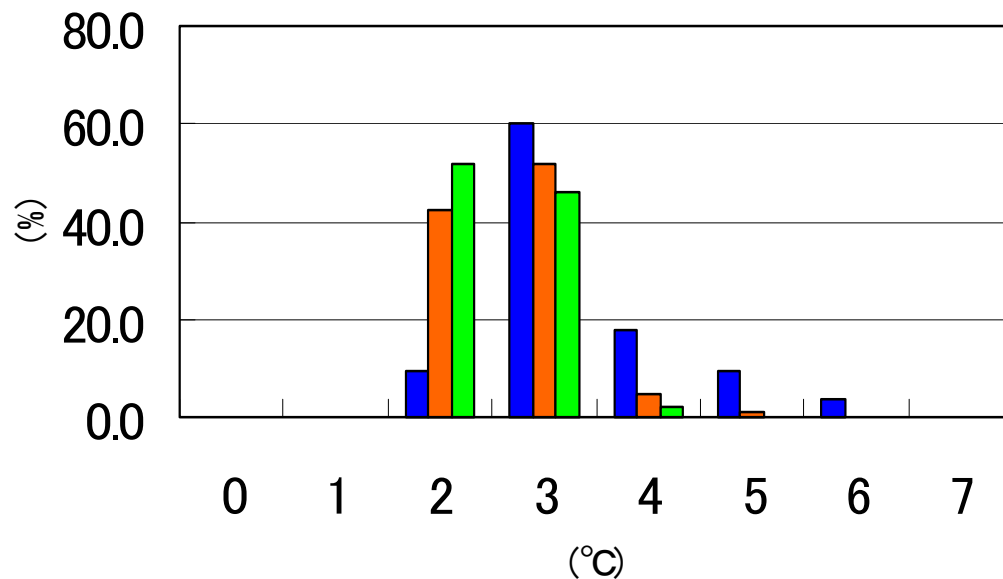
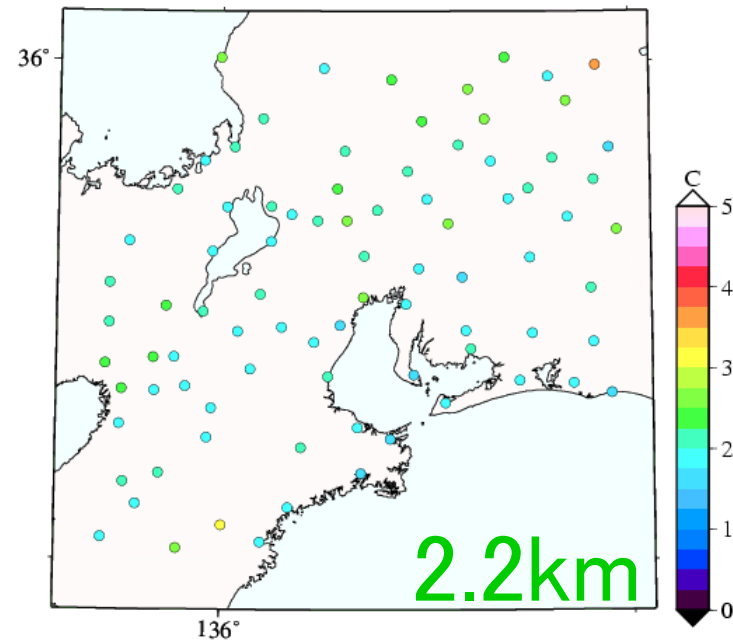
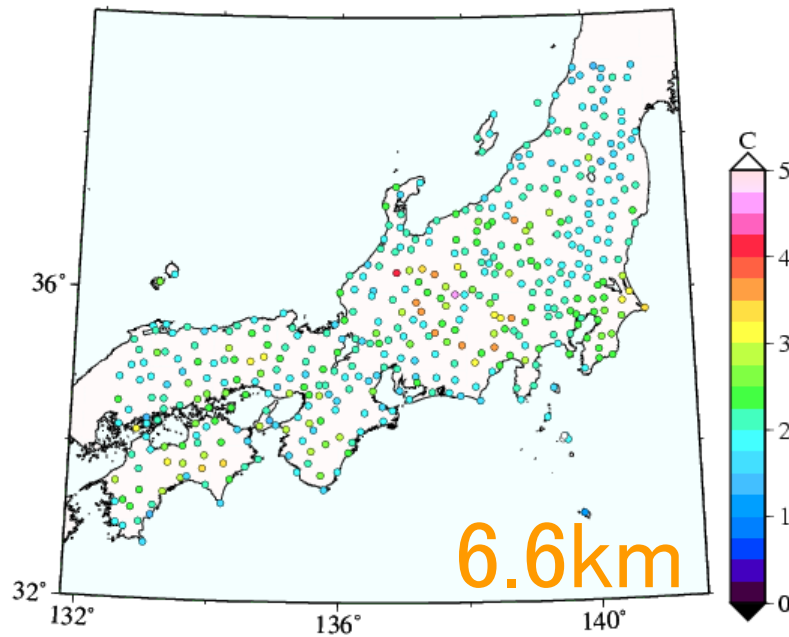
・中部地域の山岳地では約2.5m/s, 沿岸域では約1~2m/sの改善が見られた。

・しかし, 平野部に比べると日本海側, 太平洋側の沿岸域, また大都市域では解像度を上げてても依然として精度が低い

・標準偏差を見ると, 20km格子領域で0.61, 6.6km格子領域で0.50, 2.2km格子領域で0.51

深尾ら(2005) : メソ気象モデルMM5とWRFの予測精度の比較検証, 日本気象学会春季大会

気温のRMS誤差



・山岳部において、6.6km格子領域で約 2°C 、2.2km格子領域で約 4°C の改善

深尾ら(2005) : メソ気象モデルMM5とWRFの予測精度の比較検証, 日本気象学会春季大会

まとめ

モデル間の比較

- ・急峻な山岳地域ではRSM・MM5・WRFの精度は比較的低い
- ・3つのモデルを比較すると、各統計量についてWRFの気温の精度はRSM・MM5に比べてよい

解像度間の比較

- ・高解像度化によって気温・風速の精度は改善された
- ・MM5は高解像度に適したモデルである